



Revista de Gestão Costeira Integrada -  
Journal of Integrated Coastal Zone  
Management

E-ISSN: 1646-8872

rgci.editor@gmail.com

Associação Portuguesa dos Recursos  
Hídricos

Dias Santos, Jaime P.; Weber, Mike; Veloso Gomes, F.  
Concepção, Construção, Implantação e Monitorização de Recifes Artificiais de Betão com  
Incorporação de Lamas Orgânicas  
Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management,  
vol. 10, n.º 1, 2010, pp. 23-48  
Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos  
Lisboa, Portugal

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=388340128003>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

## Concepção, Construção, Implantação e Monitorização de Recifes Artificiais de Betão com Incorporação de Lamas Orgânicas \*

*Development, Construction, Implantation and Monitorization of Concrete Artificial Reefs with Addiction of Organic Sludge*

Jaime P. Dias Santos <sup>@, 1, 2</sup>, Mike Weber <sup>2, 3</sup>, F. Veloso Gomes <sup>1</sup>

---

### RESUMO

A utilização das tecnologias de habitats artificiais marinhos tem ganho um crescente interesse mundial. Nos países desenvolvidos e em vias de desenvolvimento existem razões para a sua aplicação na resolução de problemas ambientais e económicos. Nas águas costeiras, de praticamente todo o globo, foram implantados milhares de recifes artificiais. Alguns destes recifes são navios e outras estruturas, de grandes dimensões, fora de uso, que servem agora de habitat para os organismos marinhos. Outros são estruturas concebidas propositadamente como Recifes Artificiais com objectivos específicos. Num contexto de desenvolvimento global das tecnologias ligadas aos habitats aquáticos, o presente trabalho centrou-se no estudo do desempenho de módulos recifais construídos em betão enriquecido com lamas orgânicas provenientes de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Foi estudada a taxa de colonização biológica e a diversidade de dois recifes formados por módulos com uma composição diferente.

Foi efectuada uma revisão da literatura sobre a tecnologia dos Recifes Artificiais e, com base nesse conhecimento, foram desenvolvidos módulos recifais em betão, com forma cúbica, com os quais se construiram dois pequenos recifes que foram implantados na zona sublitoral da praia da Aguda, no norte de Portugal.

O uso de lamas orgânicas na composição do betão é um contributo inovador deste trabalho. O objectivo foi comparar o desempenho do recife construído com módulos de betão simples com o recife construído com betão enriquecido com lamas no que respeita à colonização, pelas macroalgas e pelos organismos macrobênticos. A colonização, por parte da fauna e flora, e a sucessão biológica foram monitorizadas ao longo de quatro meses.

Os dados recolhidos permitiram compreender a forma como as comunidades faunística e florística reagiram perante a presença destes Recifes Artificiais, de que forma ocuparam este substrato virgem e as diferenças, na abundância e na

---

<sup>@</sup> - autor correspondente: [jaimeprata@gmail.com](mailto:jaimeprata@gmail.com)

<sup>1</sup> Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, [vgomes@fe.up.pt](mailto:vgomes@fe.up.pt);

<sup>2</sup> Estação Litoral da Aguda - ELA, Rua Alfredo Dias, Praia da Aguda, 4410-475 Arcozelo-VNG [ela.aguda@mail.telepac.pt](mailto:ela.aguda@mail.telepac.pt)

<sup>3</sup> Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar - ICBAS, Univ. do Porto, Largo Prof. Abel Salazar 2, 4099-003 Porto, [mweber@icbas.up.pt](mailto:mweber@icbas.up.pt)

diversidade, existentes entre os dois tipos de recife.

Foram calculados as percentagens de cobertura biológica e quatro índices ecológicos: Número de espécies (S), Equitabilidade de Pielou (J'), Diversidade de Shannon (H') e Diversidade de Simpson. A análise dos dados foi efectuada através de técnicas multivariadas não-paramétricas usando o programa PRIMER. Foi utilizada a ordenação multidimensional não-métrica (nMDS) para produzir diagramas de ordenação bi-dimensionais. A análise de similaridade "One-way ANOSIM" foi usada para testar a hipótese nula da não existência de diferenças significativas entre os dois recifes para a cobertura biológica e para a diversidade.

Os resultados obtidos indicam que quer a taxa de cobertura biológica quer a biodiversidade foram significativamente maiores no recife construído com os módulos de betão no qual se incorporaram lamas de depuração de esgoto doméstico do que no recife construído com módulos de betão simples. Os módulos de betão com lamas desenvolveram um biofilme mais espesso, num espaço de tempo mais curto, e também apresentaram um crescimento maior das macroalgas e uma maior diversidade e abundância por parte das espécies animais colonizadoras.

A adição, ao betão, de substâncias capazes de libertar nutrientes localmente, parece ser uma boa opção no sentido de se obter uma colonização biológica eficiente e uma rápida naturalização dos Recifes Artificiais em betão.

**Palavras-chave:** Recifes artificiais, betão com lamas, monitorização.

#### *ABSTRACT*

The use of artificial habitat technologies is gaining increasing global interest. Opportunities exist in both developed and developing countries to apply these technologies to environmental and economic problems. Beneath the coastal waters of the world lie thousands of artificial reefs. Retired ships and other disposal materials now serve as habitats for marine life, and newer reefs that have been designed and built for specific applications.

With the field of aquatic habitat technology continually growing, the present study focuses on the composition of reef units using cement in conjunction with organic sludge from urban waste water treatment plants. This research includes the monitoring of the biological colonization rate and diversity of two different types of reef units.

Worldwide use of artificial reef technology was reviewed and, on this base, cubic concrete modules were developed and constructed to build two experimental artificial reefs that were placed in the sublitoral zone of the beach of Aguda in North Portugal. The use of organic sludge in concrete composition is a new contribution of this research. The aim was to compare different concrete compositions and the performance of colonization by macroalgae and macrobenthic organisms between the modules built with and without sludge. The colonization by fauna and flora and the biological succession of the two artificial reefs were monitored over four months. The data allowed understanding how the floristic and faunal communities reacted in the presence of these artificial reefs, how they occupied this virgin substrate and how abundance and biodiversity differed between the two different types of reefs. The percentage of biological coverage and four biological indices were calculated: Number of Species (S), Pielou's Evenness (J'), Shannon's Diversity (H') and Simpson's Diversity. Data analysis was performed with non-parametric multivariate techniques using the PRIMER software. Non-metric multidimensional scaling (nMDS) was used to produce two-dimensional ordination plots. One-way ANOSIM was used to test the null hypothesis of no significant differences, between the reefs, for biological coverage and diversity.

The results suggested that either the biodiversity or the percentage biological coverage were significantly greater at the reef constructed with concrete and domestic sludge than at the reef constructed without the sludge. The concrete modules containing sludge developed a thicker biofilm layer on its surface in a shorter time. They also revealed a more intensive and faster growth of macroalgae and a greater diversity and abundance of colonizing organisms.

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

**Keywords:** Artificial reefs, concrete modules with sludge, monitoring.

---

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Tipos e objectivos dos Recifes Artificiais

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 & Thompson, 1981).

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, podendo contribuir de forma decisiva para uma reviravolta no actual estado das pescas, bem como para a preservação dos recursos e sua exploração duma forma rentável e sustentada.

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 R.A.'s surgem como um "oásis" no meio das grandes massas pelágicas de água ou das grandes extensões de fundos de areia.

Esta tecnologia, praticada desde a antiguidade, não mais parou de se desenvolver. A princípio, esse desenvolvimento deu-se duma 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.

Enquanto que as opiniões sobre a eficácia dos R.A.'s, como instrumento de gestão, variam, a reprodução, a presença de grande 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).

Em termos de gestão, o Japão e os E.U.A. desenvolveram R.A.'s 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).

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).

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 obsoletos, materiais de desperdício da construção civil, pneus velhos e diversos tipos de rochas (McGurrin, Stone & Sousa, 1989).

Os objectivos dos recifes artificiais são, sobretudo, 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 ressuspensando 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 R.A.'s 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).

Os objectivos gerais destas estruturas são fundamentalmente dois:

- Promover a agregação de espécimes 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).

Os Recifes artificiais podem também ser usados como estruturas biofiltrantes sobretudo quando associados à produção de bivalves. O efeito de depuração das águas costeiras conseguido através da instalação de recifes artificiais colonizados por bivalves filtradores pode ser importante desde que a biomassa seja removida do sistema periodicamente. Finlândia, Suécia e Polónia estão na vanguarda da utilização de R.A.'s com este propósito (Antsulevich, Laihonen & Vuorinen, 2000).

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; Khailov, Zavalko & Kamenir, 1987).

A produção e colheita de animais filtradores como os mexilhões em R.A.'s pode ser um método sustentável de produzir alimento e simultaneamente reciclar nutrientes do mar para terra. Unidades de produção com 2 000 m<sup>2</sup> de superfície filtram a biomassa de fitoplâncton produzido por uma superfície de oceano de cerca de 50 000 m<sup>2</sup>. Quando foram introduzidas 25 unidades de produção de mexilhão, e os mexilhões foram colhidos, a sedimentação de Nitrogénio Orgânico Particulado (PON) foi reduzido em 4% e o nitrogénio dissolvido foi reduzido em 20% (Lindahl, Hart, Hernroth, Kollberg, Loo, Olrog, Rehnstam-Holm, Svensson, Svensson & Syversen, 2005).

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, carroças de automóveis etc.). Estes materiais obtidos a baixo custo e colocados sem grandes modificações a não ser a remoção de substâncias potencialmente nocivas para o ambiente (Woodhead & Jacobson, 1985), constituem hoje em dia 80% das estruturas de

R.A.'s nos Estados Unidos (McGurrin et al., 1989).

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).

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.

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).

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 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.

Há uma enorme quantidade e diversidade de materiais susceptíveis de serem utilizados na construção de R.A.'s, nomeadamente betão, ferro, aço, betão armado, plástico, betão plastificado, material cerâmico, etc. (Grove & Sonu, 1985).

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 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 PVC e o plástico tem demonstrado problemas de estabilidade (Pickering, 1996a).

## 1.2 Ecologia dos Recifes Artificiais

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.

Os orifícios existentes nos módulos permitem o abrigo de algumas espécies à predação aumentando 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, (Hixon & Beets, 1989).

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

A configuração dos R.A.'s pode ser orientada no sentido de promover o aumento e protecção dos stocks de espécies com valor elevado. 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, Tom, Pisanty & Almog, 1988).

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 (USA), poucos dias após a implantação, sendo confirmado posteriormente que se abrigavam e alimentavam nesses recifes (Collins, Jensen & Mallison 1996).

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 dum determinada zona, a sua importância como zonas de alimentação, reprodução e protecção de juvenis reúne hoje consenso geral.

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.

Egginton, 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 1,9cm, havia menor mortalidade dos indivíduos de pequeno e médio porte.

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.

Estudos sobre a colonização biológica por parte dos macrobentos no sistema recifal do Ancão, no Algarve, revelaram que ao fim de três meses de imersão mais de metade da área de superfície estava colonizada por espécies de macrobentos, e após seis meses toda a superfície se encontrava recoberta. Nos primeiros meses, as cracas, os briozoários e os serpulídeos dominaram a colonização, mas ao fim de seis meses as populações destas espécies decresceram dando lugar a uma colonização mais variada, onde predominavam outros grupos de invertebrados como os porifera, antozoa, diferentes poliquetas sésseis, crustáceos decápodes e moluscos gastrópodes e bivalves (Boaventura, Moura, Leitão, Carvalho,

Cúrdia, Pereira, Fonseca, Santos & Monteiro, 2006).

O processo de colonização biológica de substratos submersos inicia-se, invariavelmente, pela formação de um biofilme. Biofilmes são associações de microrganismos que colonizam superfícies duras submersas. Cobrem as rochas na zona intertidal e também a superfície externa de algumas plantas e animais marinhos. Estes biofilmes são fundamentais para a ecologia das costas rochosas pois influenciam a fixação dos invertebrados e das algas e constituem um importante recurso alimentar para os animais que se alimentam por raspagem do substrato (grazers). Os biofilmes começam a desenvolver-se rapidamente após a submersão de um objecto segundo uma sequência característica. Os estados iniciais do desenvolvimento de um biofilme são previsíveis e dependem das propriedades físico-químicas da superfície que influenciam a adsorção das substâncias orgânicas e inorgânicas da água circundante. Com o passar do tempo os factores biológicos vão-se tornando progressivamente mais importantes, à medida que as superfícies vão sendo colonizadas por bactérias, diatomáceas, protozoários, leveduras e estados iniciais de plantas e animais marinhos mais complexos (Thompson, Norton & Hawkins, 2004).

### 1.3 Incorporação de outras substâncias no betão

Cinzas industriais de várias procedências têm sido avaliadas como possíveis materiais residuais a incorporar em módulos de recifes artificiais. O desenvolvimento da colonização biológica foi semelhante à dos blocos de betão (Nelson, Savercool, Neth & Rodda, 1994).

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

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

Para minorar os custos de produção de R.A.'s têm 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).

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 et al, 1994).

A interacção 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 do bloco (1cm). 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).

O conhecimento sobre a colonização inicial de substratos submersos e formação de biofilmes está bastante desenvolvido. 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 microrganismos. Devido a estas evidências, a incorporação de matéria orgânica no betão dos R.A.'s, acelerando a formação do biofilme, parece justificarse plenamente.

### 1.4 Descrição do projecto

A utilização da tecnologia dos R.A.'s é ainda algo incipiente em Portugal, existindo apenas recifes

artificiais (excluindo estruturas afundadas accidentalmente e estruturas de defesa costeira) no Algarve e na Ilha da Madeira, logo, em condições climáticas e biofísicas diferentes das que se observam na costa noroeste de Portugal. Encontrando-se a actividade pesqueira em crise devido, entre outros factores, à sobrepesca, à poluição e à pressão humana sobre as zonas húmidas que servem de maternidade às espécies, 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 numa escala industrial quando a sua necessidade se fizer sentir dum forma mais acentuada.

Este projecto-piloto constou da concepção e construção de dois grupos de módulos recifais cúbicos (28 x 28 x 28cm), em que foram testadas duas composições diferentes do betão. Construíram-se módulos de betão simples e módulos de betão ao qual se adicionaram lamas de depuração de esgotos domésticos provenientes de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Com estes módulos criaram-se dois pequenos recifes que foram implantados no sublitoral da praia da Aguda, na costa norte de Portugal (Figura 1). Constituídos por oito módulos cada um, estes recifes foram montados num local conhecido como "Poço da Mourela", situado a cerca de 150 metros da costa numa profundidade de 3 m, relativamente ao Z.H., e com as coordenadas 41° 2,947' N e 8° 39,404' W.

O desenvolvimento deste projecto teve uma justificação técnico-científica, mas também social e económica já que os conhecimentos obtidos poderão ser aplicados, no futuro, na implantação de recifes artificiais de maiores dimensões com objectivos de exploração económica.

A adição de lamas orgânicas de depuração de efluentes domésticos ao betão representou uma abordagem inovadora e teve como objectivo estudar o papel atractivo e potenciador da colonização da incorporação, no betão dos módulos recifais, de substâncias capazes de libertar nutrientes para o meio.

No sentido de atingir o objectivo principal, que era concluir sobre a importância prática da incorporação de matéria orgânica no betão, foram realizados os procedimentos seguintes:

- desenvolvimento de formas e composições adequadas de módulos recifais;
- instalação de conjuntos desses módulos com composições diferentes de betão;
- monitorização da colonização desses recifes por parte de organismos sésseis e também de espécies com vida livre.

## 2. MÉTODOS

### 2.1 Concepção e construção dos módulos

A concepção dos módulos obedeceu a um compromisso entre aquilo que se conhecia 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 28 x 28 x 28cm para os tornar relativamente fáceis de transportar e permitir fazer vários tipos de arranjos espaciais.

A sua configuração era a de um cubo com orifícios em todas as faces, ligados a uma cavidade central.

A cofragem foi construída em chapa de aço de 3mm, sendo constituída por uma estrutura em "U" com 0,28m de altura, à qual se aparafusava uma placa rectangular com 0,28m de altura e 0,57m de comprimento. Obteve-se assim uma estrutura quadrangular que era depois subdividida em quatro por uma chapa de aço com 0,28m x 0,57m e duas outras com 0,28m x 0,28m (Figura 2 A).

A cavidade central de cada módulo foi criada por uma bola de papel à qual eram pressas 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 (Figura 2 B).



Figura 1. Localização da praia da Aguda e do local da implantação dos recifes (seta a vermelho, 2,947' N e 8° 39,404' W). Imagem composta a partir de fragmentos retirados de <http://www.googleearth.com> e <http://www.it-geo.pt> (Portal Geográfico de Portugal).

Figure 1. The localization of Aguda's beach and the place (red arrow, 2,947' N e 8° 39,404' W) where the reefs were implanted. Image composed from <http://www.googleearth.com> and <http://www.it-geo.pt>.



Figura 2. A – Cofragem em chapa de ferro usada para a construção dos módulos. B – cofragem completa e pronta a ser betonada.

Figure 2. A - Mould of iron sheet used for the construction of modules. B - The complete mould ready to be filled with concrete.

A cofragem revelou-se bastante prática e de fácil manutenção. Por ser construída em aço não apresentou problemas de deterioração pela água. Os módulos resultantes apresentavam um peso médio de 30 kgf.

### *2.1.1 O betão*

Na construção destes módulos usou-se 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 as lamas de ETAR, a quantidade destas traduziu-se sempre numa diminuição da percentagem do inerte (areia) e nunca do ligante (cimento).

### *2.1.2 Incorporação de substâncias no betão*

A incorporação, no betão, de lamas de ETAR destinou-se a introduzir neste substâncias capazes de fornecer nutrientes ao meio. 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 34,76% com uma variabilidade muito grande de acordo com a humidade do ar. Os parâmetros físico-químicos eram os que constam do respectivo boletim de análise (Figura 3).

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, através de 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 105º 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 optimizar a quantidade de lama usada no betão foram realizados testes de resistência. Com

composições em que a percentagem de lama variava de 0 a 16%.

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.

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 composição apresentada na tabela 1.

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.

### *2.1.3 Afundamento e configuração do recife*

Os módulos recifais foram transportados numa embarcação de pesca, da frota da Aguda, até ao local de afundamento (41º 2,947' N e 8º 39,404' W).

Neste local a profundidade era de cerca de 3 m em relação ao Z.H., sendo uma zona mais profunda do que os fundos que a rodeiam. Estava protegido da ondulação, na baixa-mar, pela existência de rochas emergentes a barlamar. A maior altura da coluna de água (+ - 6m) e a configuração do próprio poço conferia uma certa estabilidade ao local durante a preia-mar.

O afundamento foi efectuado a partir da 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 (recife B) e outro com módulos em cuja composição entraram lamas de ETAR (recife L). Cada recife era constituído por oito módulos, empilhados quatro a quatro, formando estruturas cúbicas, distanciadas três metros entre si.

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 (Figura 4). Esta medida revelou-se prática e eficaz. Nenhum módulo sofreu

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 (método Devarda)	%	0,03
Cloretos (NaCl)	%	0,04
Fósforo Total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	0,68
Cálcio Total (CaO)	%	0,86
Magnésio Total (MgO)	%	0,06
Potássio Total (K <sub>2</sub> O)	%	0,04
Sódio Total (Na)	%	0,02
Fósforo Solúvel em H <sub>2</sub> O (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	0,01
Cálcio Solúvel em H <sub>2</sub> O (Ca)	%	0,14
Magnésio Solúvel em H <sub>2</sub> O (Mg)	%	0,02
Potássio Solúvel em H <sub>2</sub> O (K <sub>2</sub> O)	%	0,02
Sódio Solúvel em H <sub>2</sub> O (Na)	%	0,01
Enxofre (S)	%	0,25
Razão Carbono /Azoto		26
Cobre (Cu)	mg/Kg	184
Zinco (Zn)	mg/Kg	616
Ferro (Fe)	mg/Kg	1974
Manganês (Mn)	mg/Kg	144
Crómio (Cr)	mg/Kg	63
Cobalto (Co)	mg/Kg	Vestígios
Chumbo (Pb)	mg/Kg	43
Cádmio (Cd)	mg/Kg	Não detectável
Níquel (Ni)	mg/Kg	21
Cond. Eléctrica 1:5	mmhos/cm	3,053

**Ministério da Agricultura  
 Direcção Regional de Entre-Douro e Minho  
 Divisão de laboratórios  
 Rua da Restauração, 336  
 4050 Porto**

**Nome:** ETAR de Parada (Luságua S.A.)  
**Endereço:** Rua Rodrigo Gonçalves Lage  
 Águas Santas 4470 Maia  
**Produto:** Lama (composto final)  
**Acondicionamento:** saco plástico  
**Nº de Laboratório:** 260



**Obs.:** Os valores referem-se à substância original

Figura 3. Lamas utilizadas na construção dos módulos e sua composição química.  
 Figure 3. Chemical composition of the sludge used for the construction of the modules.

Tabela 1. Composição dos dois grupos de módulos.  
 Table 1. Composition of the two groups of modules.

Componente	Grupo B (beto simples)	Grupo L (beto + lama)
Areia	75%	63%
Cimento	25%	25%
Lama	0,0%	12%

deslocamentos nem foi arrastado do local, mantendo-se no seu lugar até ao fim dos trabalhos.

#### 2.1.4 Acompanhamento e monitorização

Depois de atentamente estudados os métodos de monitorização de recifes, chegou-se à conclusão que nenhum deles se adaptava completamente ao trabalho



Figura 4. Recife artificial depois de montado no fundo. Os oito módulos que o constituem estão presos uns aos outros com abraçadeiras de plástico (esquerda). Pormenor da ligação entre os módulos (direita).

Figure 4. Artificial reef after set-up on the bottom, and the eight modules attached to each other by plastic clips (left). Detail of the attachment of the modules (right).

em curso, já que a pequena dimensão dos recifes em causa permitia a sua observação e quantificação dos seres vivos na totalidade. Assim, elaborou-se um procedimento de compromisso entre os métodos consagrados.

Procedimento adoptado: o mergulhador/observador, imediatamente a seguir à sua chegada junto do recife fazia uma observação a uma distância de cerca de um metro (dependendo da visibilidade), durante cinco minutos; em seguida aproximava-se do recife e fazia uma contagem dos animais escondidos, bem como daqueles que não era possível ver do local da primeira observação; fazia 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 era 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. Realizaram-se, em média, dois mergulhos mensais com o objectivo de recolha de dados e um outro de

observação geral e destinado à cobertura fotográfica dos recifes (Figura 5). Foram efectuados um total de 16 mergulhos neste local e efectuadas sete amostragens com intervalos médios de quinze dias entre elas.

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



Figura 5. Monitorização dos recifes artificiais “Poço da Mourela”.  
Figure 5. Monitorization of the artificial reefs, “Poço da Mourela”.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Estudo comparado dos recifes

A colonização biológica dos dois recifes foi monitorizada durante 90 dias. Ao longo deste período foram efectuados sete mergulhos de monitorização, cujos resultados se resumem nas Tabelas 2 e 3 e nos gráficos das Figuras 6, 7, 8 e 9.

Com os dados recolhidos nas seis observações (na sétima observação os recifes encontravam-se assoreados) foi possível calcular a abundância, traduzida em número de indivíduos e a biodiversidade pelo cálculo da riqueza em espécies ( $S$ ), índice de Shannon ( $H'$ ), índice de equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) e índice de Simpson.

Para estes cálculos usaram-se apenas os dados referentes aos animais pois não foi possível identificar as algas, em fase inicial de crescimento. No caso das algas apenas se contabilizou a área ocupada por algas verdes e por algas vermelhas.

A quantificação das algas foi efectuada por percentagem de cobertura da superfície livre da face superior dos recifes. A evolução temporal da respectiva taxa de cobertura e do comprimento das macroalgas está representada nos gráficos das Figuras 6 e 7.

As macroalgas verdes pertenciam ao género *Ulva* e foram quantificadas em conjunto pois nos primeiros estádios de desenvolvimento a sua identificação in loco não é possível.

As algas vermelhas também não puderam ser identificadas devido ao seu incipiente estádio 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 (Figura 6) e deve-se, provavelmente, ao facto dos esporos encontrarem aí melhores condições de nidificação e crescimento, devido ao melhor desenvolvimento do biofilme, o que está de acordo com estudos publicados sobre este tema específico (Crisp, 1974; Nelson et al, 1994; Woodhead & Jacobson, 1985; Scheltema, 1974; Zobell, 1935).

O crescimento das algas foi substancialmente maior no recife L do que no recife B (Figura 7), 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 da água directamente através da fronde pois não possuem 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 foi responsável por estas diferenças de crescimento.

Em relação aos animais 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 (Figura 8).

As oscilações da abundância 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, Wilson, Grover, & Togstad, (1982).

Quanto à diversidade verificou-se que o número de espécies (S), foi 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 de algas (Figura 9 A).

A equitabilidade, ou seja, a distribuição do número de indivíduos pelas espécies presentes, apresentou sempre valores significativamente mais elevados para o recife de betão com lamas (recife L) (Figura 9 B).

A diversidade medida pelo índice de Shannon ( $H'$ ) apresentou valores significativamente maiores no recife L do que no recife B, em todas as amostragens (Figura 9 C).

Tabela 2. Espécies e indivíduos observados no recife B (módulos de betão simples).

Table 2. Species and individuals observed at reef B (modules of simple concrete).

Recife B	Amostragens							Total
	A 19 Jun	B 28 Jun	C 8 Jul	D 19 Jul	E 2 Ago	F 13 Ago	G 1 Set	
Espécies observadas								
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> )								
anémona ( <i>Anemonia sulcata</i> )				2	4	4	-	10
navalheira ( <i>Necora 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>Syphodus 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 (taxa de ocupação e comprimento)	0% 1 cm	10% 2 cm	30% 4 cm	60% 5 cm	60% 5 cm	25% 5 cm	-	
algas vermelhas (taxa de ocupação e comprimento)	0%	0%	0%	0%	0%	0%		

Tabela 3. Espécies e indivíduos observados no recife L (módulos de betão com lamas).  
 Table 3. Species and individuals observed at reef L (modules of concrete with sludge).

Recife L	Amostragens							Total
	A 19 Jun	B 28 Jun	C 8 Jul	D 19 Jul	E 2 Ago	F 13 Ago	G 1 Set	
Espécies observadas								
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
anémona ( <i>Anemonia sulcata</i> )	1		2	4	10	10	-	27
navalheira ( <i>Necora puber</i> )		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 sp.</i> )				1		1	-	2
bodião ( <i>Syphodus melops</i> )				1	2	2	-	5
sargo ( <i>Diplodus sp.</i> )				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 (taxa de ocupação e comprimento)	0%	50% 2 cm	60% 4 cm	60% 7 cm	70% 10 cm	70% 15 cm	-	
algas vermelhas (taxa de ocupação e comprimento)	0%	0%	0%	30% 1 cm	30% 2 cm	30% 3 cm	-	

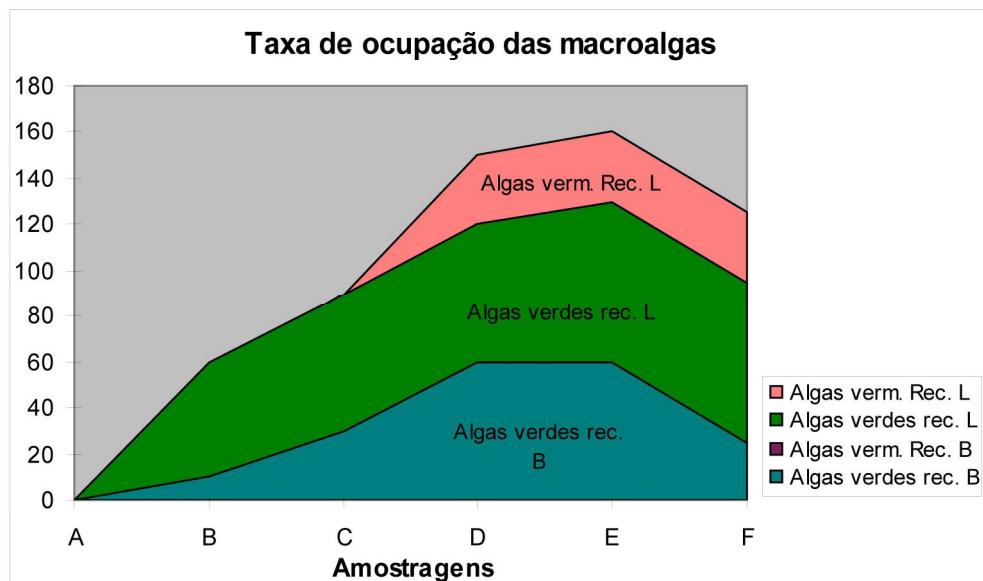


Figura 6. Taxa de ocupação das macroalgas representada em áreas relativas. A área ocupada pelas macroalgas verdes foi sempre maior no recife L do que no recife B. As algas vermelhas colonizaram o recife L sensivelmente a meio do período de monitorização, nunca chegando a crescer no recife B.

Figure 6. Coverage rate of macroalgae represented by relative areas. The area occupied by the green macroalgae was always greater on the reef L than on the reef B. The red algae colonized the reef L in the middle of the study period but they never grew on the reef B.

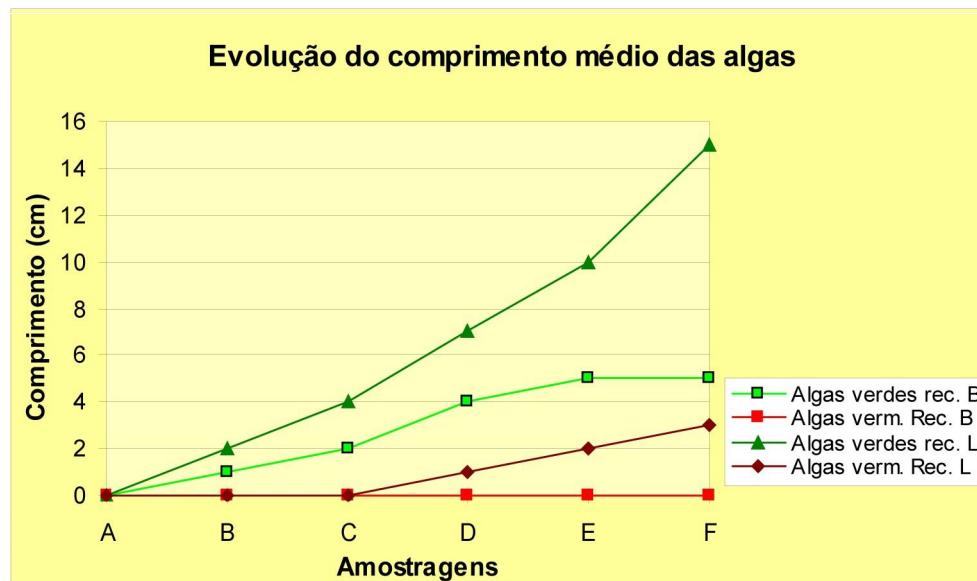


Figura 7. Evolução do comprimento médio das macroalgas nos recifes B e L. As algas verdes apareceram primeiro e cresceram mais no recife L do que no recife B. As algas vermelhas não chegaram a crescer no recife B.

Figure 7. Evolution of the mean length of the macroalgae on the reefs B and L. The green algae showed up first and grew more on the reef L than on the reef B. The red algae did not grow at all at reef B.

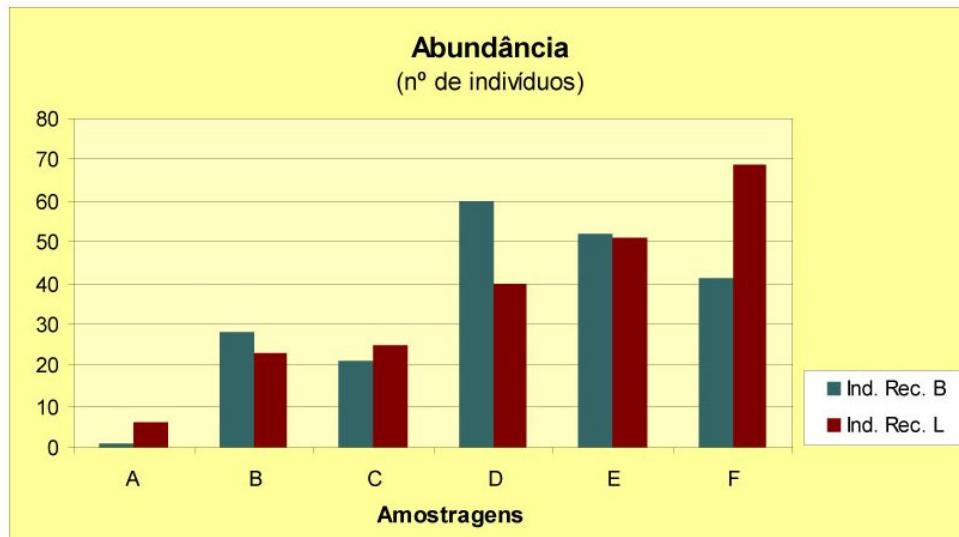


Figura 8. Evolução temporal da abundância (número de indivíduos) nos recifes B e L.

Figure 8. Temporal evolution of the abundance (number of individuals) at the reefs B and L.

Também o índice de diversidade de Simpson teve sempre valores superiores no recife L do que no recife B (Figura 9 C).

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", os mesmos foram rodeados por peixes curiosos (blenideos e sargos). A 19 de Junho, quatro dias após a sua implantação, era já possível encontrar nos recifes, para além dos peixes, alguns crustáceos como as navalheiras (*Necora puber*) (Figura 10).

Nas Figuras 11 e 12 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 (Figura 11), indicando baixa diversidade, contrasta com o maior desenvolvimento das algas e a maior diversidade encontrada no recife L (Figura 12).

No mergulho efectuado em 1 de Setembro verificou-se que os recifes estavam assoreados. O recife L encontrava-se assoreado em 50% e o recife B estava completamente assoreado (Figura 13). Este facto impedia a recolha de dados nesse dia, que seria a última amostragem. Ultrapassadas as questões logísticas, o assoreamento pode constituir um obstáculo ao estudo da colonização biológica de recifes artificiais e ao pleno desempenho destas estruturas.

Visto que, normalmente, faz sentido implantar Recifes Artificiais onde os fundos são arenosos, pois é aí que a sua implantação vai fazer diferença, o assoreamento é, obviamente, um problema. Esta questão pode ser ultrapassada pelo aumento da dimensão do Recife Artificial e também pelo seu design, introduzindo, por exemplo, uma base, permeável à areia, que aumente a altura do recife em relação ao fundo e que, em caso de assoreamento, permita que a parte mais importante do recife continue a ser utilizada pelos seres vivos.

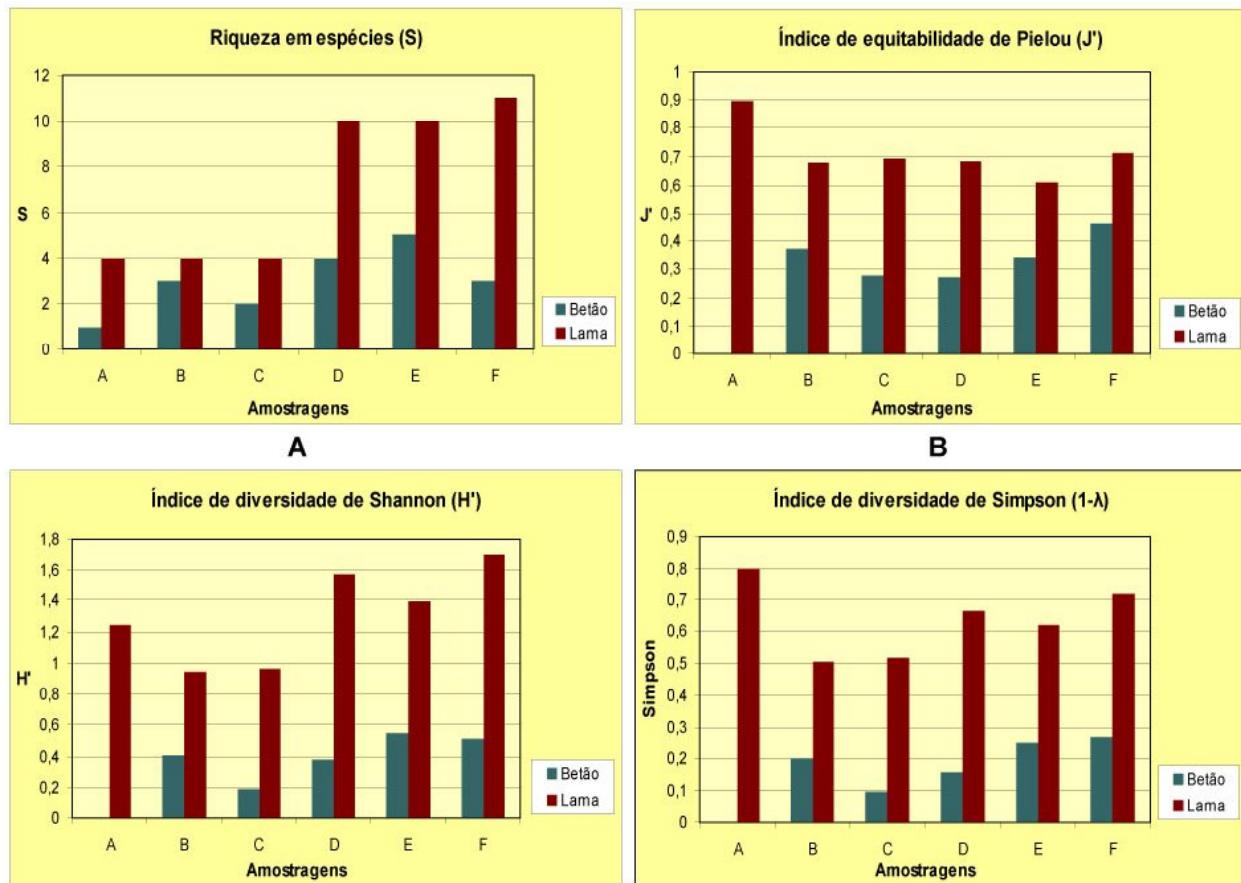


Figura 9. Evolução temporal da diversidade e equitabilidade. Recife de betão simples versus recife de betão com lama de ETAR.

Figure 9. Temporal evolution of diversity and equitability. Concrete reef versus concrete reef enriched with sludge

### 3.2 Análise dos dados

#### *Abundância*

Os dados foram analisados com técnicas multivariadas não-paramétricas. A similaridade das amostras foi calculada através do coeficiente de Bray-Curtis depois dos dados terem sido transformados pela raiz-quadrada (Clarke & Gorley, 2001). Foi usada a ordenação multidimensional não-métrica (nMDS) para produzir diagramas de ordenação bidimensionais (Figura 14).

A análise de similaridade foi efectuada através do teste One-way ANOSIM. Testou-se a hipótese nula da não existência de diferenças significativas entre os locais de amostragem para a abundância traduzida pelo número de indivíduos.

As amostragens foram tratadas em dois conjuntos

pois, se analisadas globalmente, a variabilidade dentro dos grupos era maior que a variabilidade entre grupos diferentes e assim mascarava as diferenças entre os grupos em estudo.

Para que fosse possível tratar os dados referentes às algas em conjunto com os dados referentes aos animais, estabeleceu-se uma correspondência entre a taxa de cobertura e o número de indivíduos atribuindo-se 25 indivíduos a cada 10% de taxa de cobertura.

A Figura 14 mostra os diagramas de ordenação multidimensional não-métrica (nMDS) para as 6 amostragens, agrupadas em dois conjuntos, que englobam as três primeiras amostragens (A, B e C) e as três seguintes (D, E e F). Note-se que o valor do stress é sempre inferior a 0,1 o que significa que os diagramas constituem uma boa ordenação servindo



Figura 10. Maragotas (*Parablennius gattorugine*) e uma navalheira (*Necora puber*) no recife artificial, quatro dias após a sua implantação.

Figure 10. Blennies (*Parablennius gattorugine*) and a velvet swim crab (*Necora puber*) at the artificial reef, four days after its implantation.



Figura 11. Recife B no dia 15 de Julho. As algas verdes estavam ainda no início do seu desenvolvimento. O ouriço-do-mar *Paracentrotus lividus* era a espécie dominante.

Figure 11. Reef B at the 15<sup>th</sup> of July. The green algae were still in the beginning of their development. The sea-urchin *Paracentrotus lividus* was the dominant species.



Figura 12. Recife L no dia 15 de Julho. As algas verdes apresentam-se já bem desenvolvidas. Observava-se um maior equilíbrio nas espécies presentes.

Figure 12. Reef L at the 15<sup>th</sup> of July. The green algae are already well developed. A better equilibrium between the species showed up.



Figura 13. Recife completamente assoreado. Apenas é possível observar as extremidades das abraçadeiras de plástico.

Figure 13. Reef completely covered by sand. It was only possible to observe the extremities of the plastic clips.

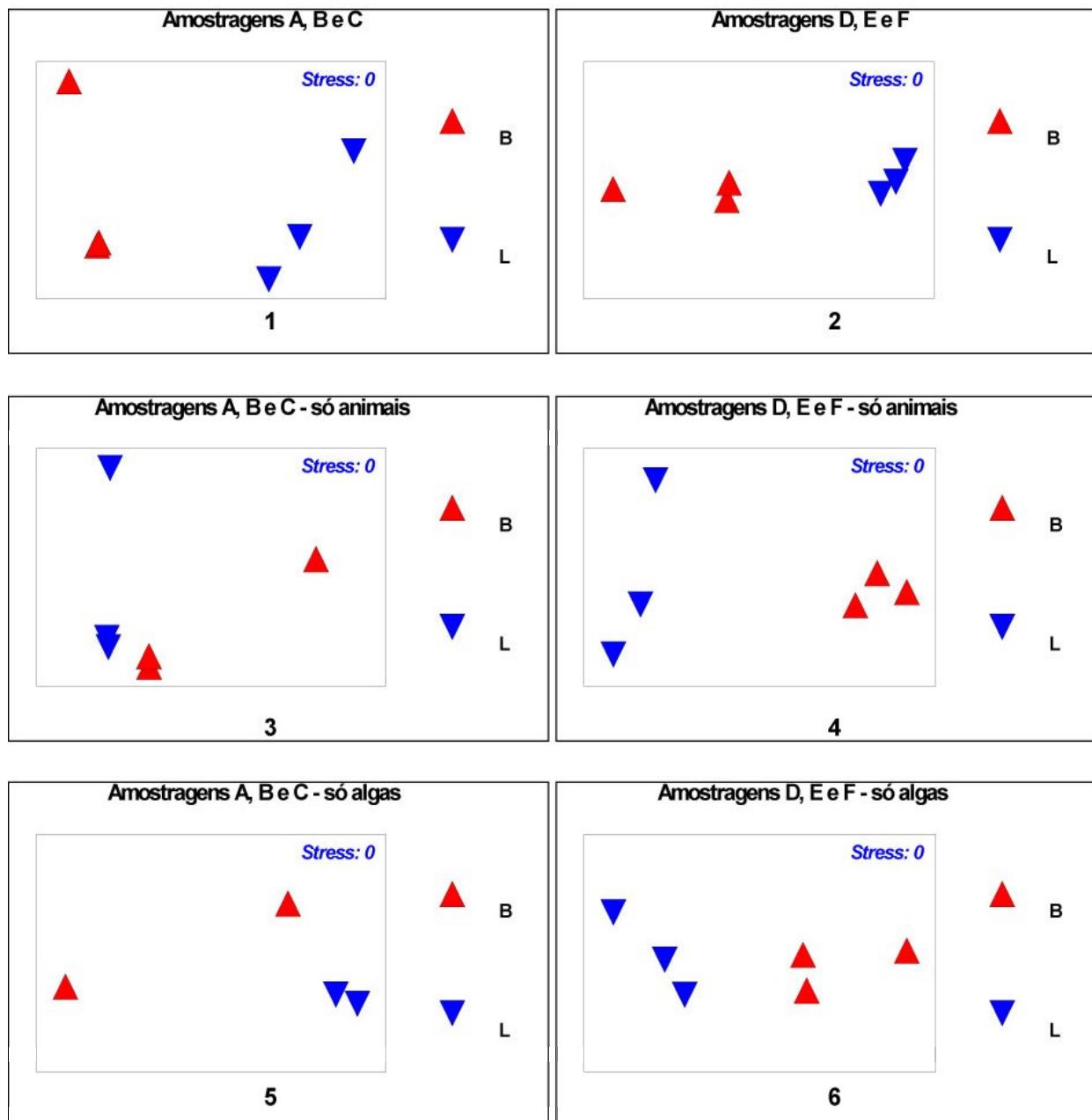


Figura 14. Diagramas de ordenação multidimensional não-métrica (nMDS) para os dois conjuntos de amostragens A, B, C e D, E, F. Os diagramas 1 e 2 consideram a totalidade dos organismos, enquanto que os diagramas seguintes separam os animais das algas.

Figure 14. Two-dimensional MDS ordination plots (n-MDS) for 2 groups of samples (A, B, C and D, E, F). The plots 1 and 2 consider the totality of organisms. The other plots separated animals from algae.

para verificar as similaridades ou diferenças significativas entre os grupos nessa amostragem. Pode então referir-se que, em relação à abundância, no conjunto das três primeiras amostragens, um período de aproximadamente 40 dias, as diferenças entre o recife de betão simples e o recife de betão com incorporação de lama eram estatisticamente significativas para a fauna e a flora em conjunto e para as algas isoladamente. Em relação à abundância faunística, embora o número de indivíduos seja superior no recife L (com lama) do que no recife B (betão simples) as diferenças não se mostram estatisticamente significativas.

Para o conjunto das três amostragens seguintes, também um período de cerca de 40 dias, a hipótese nula de não existência de diferenças entre os dois tipos de recife é sempre rejeitada, sendo as diferenças entre o recife de betão simples e o recife de betão com incorporação de lama estatisticamente significativas quer seja considerada a fauna e a flora isoladamente ou em conjunto. Os valores de R (Tabela 4) confirmam a análise efectuada com base nos diagramas nMDS.

#### Diversidade

Tal como se procedeu na análise dos dados para a abundância, também para a biodiversidade os dados foram analisados com técnicas multivariadas não-

paramétricas. A similaridade das amostras foi calculada através da distância Euclidiana normalizada (Normalised Euclidean Distance), dado que os valores dos índices tinham diferentes escalas de medida (Clarke & Gorley, 2001). Neste caso os dados não sofreram transformações. Foi usada a ordenação multidimensional não-métrica (nMDS) para produzir diagramas de ordenação bidimensionais (Figuras 15, 16 e 17).

Biodiversidade - índices S, J', H' e Simpson

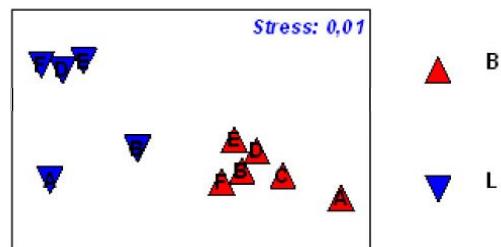


Figura 15. Diagrama de ordenação multidimensional não-métrica (nMDS) para os quatro índices ecológicos analisados em conjunto.

Figure 15. Two-dimensional MDS ordination plots (nMDS) for the four ecological indices, analyzed together.

Tabela 4. One-way ANOSIM. R Global e probabilidade associada.

# não-significativo: R demasiado pequeno; p>0,05.

Table 4. One-way ANOSIM. Global R and associated probability.

# non-significant: R too small; p>0,05.

AMOSTRAS	R GLOBAL	P
A, B, C	1	0,001
A, B, C - só animais	# 0,296	0,001
A, B, C - só algas	0,5	# 0,333
D, E, F	1	0,001
D, E, F - só animais	1	0,001
D, E, F - só algas	1	0,001

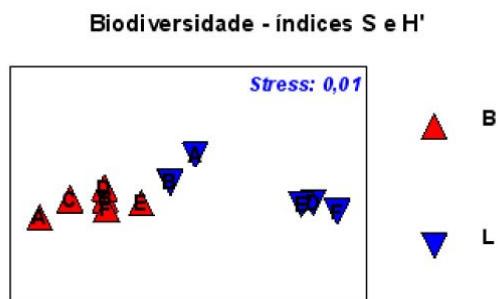


Figura 16. Diagrama de ordenação multidimensional não-métrica (nMDS) para a riqueza em espécies (S) e índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ).

Figure 16. Two-dimensional MDS ordination plots (nMDS) for the richness of species (S) and Shannon's diversity ( $H'$ ).

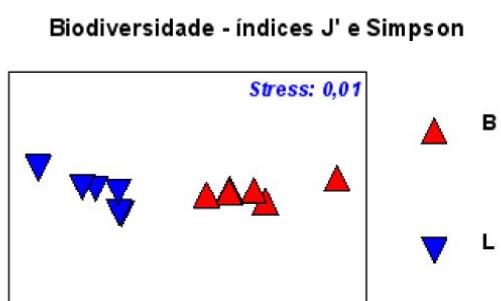


Figura 17. Diagrama de ordenação multidimensional não-métrica (nMDS) para o índice de equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) e índice de diversidade de Simpson.

Figure 17. Two-dimensional MDS ordination plots (nMDS) for Pielou's evenness ( $J'$ ) and Simpson's diversity.

A análise de similaridade foi efectuada através do teste One-way ANOSIM. Testou-se a hipótese nula da não existência de diferenças significativas entre os locais de amostragem para a biodiversidade (Tabela 5).

Os índices ecológicos foram tratados em conjunto de modo a permitir a análise multivariada (Clarke & Gorley, 2001). Numa primeira fase analisaram-se os quatro índices em conjunto (Figura 15) e depois realizou-se uma análise dois a dois, agrupando-se os índices que dão mais ênfase à quantidade de espécies presente (S e  $H'$ ) (Figura 16) e os que atribuem maior importância à equitabilidade ( $J'$  e Simpson) (Figura 17).

Tabela 5. One-way ANOSIM. R Global e probabilidade associada.

Table 5. One-way ANOSIM. Global R and associated probability.

ÍNDICES	R GLOBAL	P
S, $J'$ , $H'$ e Simpson	0,85	0,002
S e $H'$	0,64	0,002
$J'$ e Simpson	0,95	0,002

Desta análise pode retirar-se que no que respeita à biodiversidade o recife de betão simples (B) e o recife de betão com lamas (L) apresentavam diferenças estatisticamente significativas. A biodiversidade do recife L foi sempre superior à do recife B quer do ponto de vista do número de espécies quer da equitabilidade. Outra ilação que se pode obter da análise dos diagramas de ordenação das Figuras 15 e 16 é que as amostragens no recife L formam dois grupos distintos, sendo um deles constituído pelas três primeiras amostragens (A, B, e C) e o outro pelas três restantes (D, E e F). As amostragens no recife B não evidenciam grupos distinguíveis entre si. Este facto significa que do início para o fim da experiência houve um aumento estatisticamente significativo da diversidade no recife L, não acontecendo o mesmo no recife B. Este aumento de diversidade no recife L relacionou-se com o número de espécies, já que na equitabilidade, como se pode ver no diagrama da Figura 17, não existe uma separação de grupos no recife L.

#### 4. CONCLUSÕES

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" e nas proximidades de estuários. 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. Também no que respeita aos recursos humanos Portugal se

salientou, sendo os pescadores portugueses reconhecidos em todo o mundo como óptimos profissionais, destacando-se na pesca ao 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 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, assim, uma grande aplicabilidade em Portugal pois todos papéis, reconhecidamente desempenhados por estas estruturas, teriam o seu lugar numa gestão integrada e sustentável do mar português.

Os R.A.'s 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 interditadas a esta arte de pesca, transformando-se assim em instrumentos de gestão das pescas. Servir como estruturas para a defesa costeira é outra das vocações dos R.A.'s que também pode ser posta em prática na costa ocidental portuguesa.

A natureza do material não é o mais importante nos R.A.'s mas sim a textura e rugosidade das superfícies. O betão, tido como melhor material para fabricar módulos recifais por vários autores devido à facilidade com que pode ser moldado em formas estruturais complexas, viu neste trabalho confirmada essa excelência pois só um material com as características do betão permite a incorporação de substâncias que forneçam nutrientes ao meio, propósito principal deste trabalho.

A colonização dos módulos de betão é eficiente e rápida e a incorporação de lamas de ETAR no betão mostrou ser fundamental na aceleração dessa colonização. 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 significativamente mais elevados para a abundância 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, como as quantidades utilizadas são pequenas, será sempre possível, no futuro, estabelecer protocolos com câmaras municipais no sentido de se obterem lamas com custos reduzidos.

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.

Como dificuldades à implementação destas políticas podem referir-se as dificuldades de associação e as divisões patentes na classe piscatória bem como o excesso de entidades ligadas à gestão do litoral com a consequente e nefasta dispersão e indefinição de competências.

Uma melhor definição dessas competências e uma maior capacidade associativa dos pescadores são então necessárias para o êxito de projectos de instalação de R.A.'s no nosso país.

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

## BIBLIOGRAFIA

### Artigos:

- Antsulevich, A.E. & Bugrova, L.A. (1989) - Hydrobiological criterias for design for artificial reefs. SU Conference for Scientific and Technical Problems of Mariculture in the Country, Vladivostok:220-221.  
Antsulevich, A.E., Laihonen, P. & Vuorinen, I. (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:319-329.
- Baynes, T.W. & Szmant, A.M. (1989) - Effect of current on the sessile benthic community structure of an artificial reef. Bulletin of Marine Science 44(2):547-566.
- Boaventura, D., Moura, A., Leitão, F., Carvalho, S., Cúrdia, J., Pereira, P., Cancela da Fonseca, L., Santos, M.N. & Monteiro C.C. (2006) - Macrofaunal colonization of artificial reefs on the southern coast of Portugal (Ancão, Algarve). Hydrobiologia 555:335-343.
- Bombace, G. (1989) - Artificial Reefs in the Mediterranean Sea. Bull. Mar. Sci. 44:1023-1032.
- 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. 44:631-645.
- Bohnsack, J.A., & Sutherland, D.L. (1985) - Artificial Reef Research: a review with recommendations for future priorities. Bulletin of Marine Science. 37(1):11-39.
- Campos, J.A. & Gamboa, C. (1989) - An Artificial Tile-Reef in a Tropical Marine System: a Management Tool. Bull. Mar. Sci., 44(2):757-766.
- 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:16-23.
- 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 Acad. Publs.
- Collins, K.J., Jensen, A.C. & Lockwood, A.P.M. (1992) - Stability of coal waste artificial reef. Chemistry and Ecology. 6:79-93.
- Collins, K.J., Jensen, A.C. & Mallison, J.J. (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.:47-54.
- Chua, C.Y.Y. & Chou, L.M. (1994) - 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, Vol.285, N°1-3:177-187 IS: 0018-8158 AB.
- Eggleston, D.B., Lipcius, R.N., Miller, D.L. & Coban-Cetina, L. (1990) - Shelter Scaling Regulates Survival of Juvenile Caribbean Spiny Lobster *Palinurus argus*. Marine Ecology Prog. Series 63:79-88.
- Grant, J.J., Wilson, K.C., Grover, A. & Togstad, H.A. (1982) - Early Development of Pendleton Artificial Reef. Mar. Fish. Rev. 44 (6-7):53-60.
- Guillén, J.E., Ramos, A.A., Martínez, L. & Lizaso, J.L.S. (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):645-650.
- Hixon, M.A. & Beets, J.P. (1989) - Shelter Characteristics and Caribbean Fish Assemblages: Experiments With Artificial Reefs. Bulletin of Marine Science 44:666-668.
- Khalilov, K.M., Zavalko, S.E. & Kamenir, Y.G. (1987) - Biological and physical parameters of marine fouling and artificial reef design. Actas da SU Conf. (Artificial reefs for fishery), VNIRO, Moscow:35-57.
- Kung-Hsiung, C. (1985) - Review on artificial reefs in Taiwan: emphasising site selection and effectiveness. Bulletin of Marine Science. 37(1):143-150.
- Lindahl, O., Hart, R., Hernroth, B., Kollberg, S., Ioo, I., Olrog, L., Rehnstam-Holm, A., Svensson, J., Svensson, S. & Syversen, U. (2005) - Improving Marine Water Quality by Mussel Farming: A Profitable Solution for Swedish Society. Ambio, Vol. 34, No. 2:131-138.
- McGurkin, J.M., Stone, R.B. & Sousa, R.J. (1989) - Profiling United States Artificial Reef Development. Bulletin of Marine Science 44:1004-1013.
- Molles, M.C. (1978) - Fishes Species Diversity on Model and Natural Patch Reefs: Experimental Insular Biogeography. Ecological Monographs 42:289-305.
- Moreno, I., Roca, I., Renones, O., Coll, R. & Salamanca, M. (1994) - Artificial Reef Program in Balearic Waters (Western Mediterranean). Bull. Mar. Sci., 55(2-3):667-671.
- Nelson, W.G., Savercool, D.M., Neth, T.E. & Rodda, J.R. (1994) - A Comparison of the Fouling Community-Development on Stabilized Oil-Ash

- and Concrete Reefs. *Bulletin of Marine Science*, Vol.55, Nº.2-3:1303-1315.
- Pickering, H. J. (1996) - 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, H.J. & Whitmarsh, D. (1996) - Artificial Reefs: A Tool for the Exploitation and Conservation of Living Resources. *Littoral'96*, Portsmouth (U.K.), Eurocoast, 1996.
- Prince, E.D. & Maughan, O.E. (1979) - Attraction of Fishes to artificial Tire Reefs in Smith Mountain Lake, Virginia: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.
- Relini, G. & Cormagi, P. (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. 428:108-113.
- Ross, D.A. (1989) - *Introduction to Oceanography*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, Woods Hole Oceanographic Institution, New Jersey - 7632.
- Sale, P.F. (1980) - The Ecology of Fishes on Coral Reefs. *Annual Review of Oceanography and Marine Biology* 18:367-421.
- Scheltema, R.S. (1974) - Biological Interactions Determining Larval Settlement of Marine Invertebrates. *Thalassia Jugo*, 10:263-96.
- Seaman, Jr., W., Buckley, R.M. & Polovina, J.J. (1989) - Advances in Knowledge And Priorities For Research, Technology And Management Related To Artificial Aquatic Habitats. *Bulletin of Marine Science* 44:527-532.
- Shieh, C.S. & Duedall, I.W. (1994) - Chemical Behavior of Stabilized Oil in Artificial Reef at Sea. *Bulletin of Marine Science*, vol.55, nº 2-3:1295-1302.
- Shulman, M.J. (1984) - Resource Limitation and Recruitment Patterns in a Coral Reef Assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 74:85-109.
- Spanier, E., Tom, M., Pisanty, S. and Almog, G. (1988) - Seasonality and shelter selection by the slipper lobster *scyllarides latus* in the south-eastern Mediterranean. *Mar. Biol. Prog. Ser.* 42: 247-255.
- Thompson, R.C., Norton, T.A. & Hawkins, S.J. (2004) - Physical stress and Biological control regulate the producer-consumer balance in intertidal biofilms. *Ecology* 85: 1372-1382.
- Walsh, W.J. (1985) - Reef Fish Community Dynamics on Small Artificial Reefs. The Influence of Isolation, Habitat Structure and Biogeography. *Bulletin of Marine Science* 36:357-376.
- Woodhead, P.M.J. & Jacobson, M.E. (1985) - Epifaunal Settlement, the Process of Community Development and Succession Over Two Years on an Artificial Reef in the New York Bight. *Bulletin of Marine Science* 37:364-376.
- Yamane, T. (1989) - Status and Future Plans of Artificial Reef Projects in Japan. *Bulletin of Marine Science* 44:1038-1040.
- Zobell, C.E. & Allen, E.C. (1935) - The Significance of Marine Bacteria in the Fouling of Submerged Surfaces. *Journal of Bacteriology* 29:239-51.
- Livros:**
- Bell, M. (1997) - *Marine Artificial Reefs*. Office of Fisheries Management: South Carolina Dept. of Natural Resources, 155 p.
- Clarke, K.R. & Gorley R.N. (2001) - User Manual/ Tutorial. PRIMER-E Ltd., 91 p.
- Crisp, D.J. (1974) - Factors Influencing the Settlement of Marine Invertebrate Larvae. In *Chemoreception in Marine Organisms*, P.T. Grant and Macke (eds.):177-265. Acad. Press. N.Y.
- Cushing, D.H. (1982) - *Climate and Fisheries*. Academic Press, London, 373p.
- Glantz, M.H. & Thompson (1981) - Resource Management and Environmental Uncertainty. *Lessons From Coastal Upwelling Fisheries*. Wiley Interscience, New York, 34 p.
- Grove, R.S. & Sonu, C.Y., (1985) - *Fishing Reef Planning in Japan* :187-251 in F.D'Itri ed. *Artificial Reefs: Marine and Freshwater Applications*. Lewis Publishers, Inc. Chelsea, Michigan.
- Seaman Jr., W. & Sprague L.M. (1991) - *Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries*. Academic Press, inc. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers. 285 p.
- Spanier, E. (1991) - Artificial reefs to insure protection of the adult Mediterranean slipper lobster. *Scyllarides latus* (Latireille, 1803). In *Boudouresque*,

C.F., M.Avon e V Gravez (eds). "Les Espèces Marines à Protéger en Méditerranée". Pub. GIS Posidonie, France:174-185.

Woodhead, P.M.J., Parker, J.H. & Duedall, I.W. (1985). The Use of By Products From Coal Combustion for Artificial Reef Construction:265-292 in F.D'Itri, ed. Artificial reefs: Marine and Freshwater Applications. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, Michigan.

Relatórios técnicos:

Grove, R.S. & Sonu, C.Y. (1983) - Review of Japanese Fishing Technology. Tech. Rep. 83-RD-137. Southern California Edison Company, Rosemead, California.

Mottet, M.G. (1981) - Enhancement of the Marine Environment for Fisheries and Aquaculture in Japan. Washington Department for Fisheries, Olympia, Tec. Rep. 69.

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.

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 1991/11:251-257.

Sítios da Internet:

<http://www.googleearth.com>

<http://www.it-geo.pt> (Portal Geográfico de Portugal)