

UNIVERSIDADE DO ALGARVE
Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente

**Vulnerabilidade das Ilhas-Barreira e
Dinâmica da Ria Formosa na Óptica da Gestão**

(Dissertação para a obtenção do grau de mestre em
Gestão e Conservação da Natureza)



Filipe Rafael dos Santos Ceia

FARO

2007

NOME: Filipe Rafael dos Santos Ceia

DEPARTAMENTO: Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente

ORIENTADOR: Prof. Doutor João Manuel Alveirinho Dias

DATA: Novembro de 2007

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Vulnerabilidade das Ilhas-Barreira e Dinâmica da Ria
Formosa na Óptica da Gestão

JÚRI: Presidente: Doutor **Luís Manuel Quintais Cancela da Fonseca**, Professor Auxiliar da faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente da Universidade do Algarve.

Vogais: Doutor **João Manuel Alveirinho Dias**, Professor Associado da Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente da Universidade do Algarve;

Doutor **Tomaz Lopes Cavalheiro Ponce Dentinho**, Professor Auxiliar da Universidade dos Açores;

Mestre **Carlos Emanuel Domingos do Rosário Ângelo**, Técnico Superior do Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade.

O conteúdo deste relatório é da exclusiva responsabilidade do autor.

Filipe Rafael dos Santos Ceia

Quando o sol vai caindo sobre as águas
Num nervoso delíquio d'ouro intenso,
Donde vem essa voz cheia de mágoas
Com que falas à terra, ó mar imenso?...

Em Vozes do Mar – Florbela Espanca

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Doutor João Alveirinho Dias pela sua imediata disponibilidade em aceitar ser meu orientador. Obrigado pelo apoio, pelos conhecimentos e sugestões, pela compreensão e pelas críticas construtivas a este trabalho.

Ao Prof. Doutor Óscar Ferreira pelas importantes sugestões e apoio dispensado.

Ao CIACOMAR e a todo o pessoal que de alguma forma ajudou na elaboração deste trabalho. Um obrigado especial ao André, à Rita e à Ana Vila, pelo apoio dispensado na fase inicial deste trabalho.

Ao PNRF e ao Dr. António Carvalho pelo apoio, fornecimento de alguns dados e pelas suas opiniões.

Ao Prof. Doutor Jaime Ramos pela ajuda na correcção científica.

À Carla Reis da secretaria da FCMA, pela infinita paciência e amizade.

Ao Pedro Veiga pela amizade e cooperação.

Ao IMAR e a todos os amigos e colegas que me apoiaram nos últimos tempos de elaboração deste trabalho. Um agradecimento especial às minhas amigas Rute e Helena por terem aturado o meu “mau feitio” (e vice-versa) durante os últimos dias. Obrigado pelo excelente ambiente de trabalho.

Aos meus grandes amigos de sempre: Gonçalo, Beto, Gela e Tiago. Por vezes os caminhos separam-se mas ficou provado que as recordações e amizade permanecem.

Às grandes amizades que fiz durante o curso: Saldanha, Ana, Joana, Rui, Hugo, Frutinha, Gonzo, Rodrigo, Jonny, Zé Bento, Roger e João “Mentiroso”. Um abraço à vizinhança do tempo em que vivi na Praia de Faro.

Aos amigos “trambolhos” com quem muito aprendi e discuti nas aulas de mestrado e por todos os bons momentos “extra-curriculares”.

A todos os amigos com quem partilhei uma temporada nas terras distantes da Calábria.

Aos companheiros de alto mar dos Açores com quem vivi muito bons momentos.

Aos meus recentes mas bons amigos João e Marisa pelas sugestões e apoio dos últimos tempos. Foi bom ter conhecido gente como vocês e é uma grande sorte ter o prazer de trabalhar convosco.

Ao mar... sem ele não havia sentido.

Um grande agradecimento aos meus pais e avós por todo o amor, dedicação e confiança.

Ao meu irmão Ricardo, simplesmente por ser quem é. Esta tese é-te dedicada.

RESUMO

O sistema de ilhas-barreira da Ria Formosa oferece excelentes condições a diversas actividades, das quais se podem salientar as turístico-balneares. Desde os anos 60 que essas actividades vêm sendo exercidas com grande intensidade, com a construção de infra-estruturas e cargas superiores ao limite de capacidade em algumas ilhas, sendo mais notável na chamada «Praia de Faro», na Península do Ancão. Há, porém, que atender à instabilidade que caracteriza este sistema, o qual impõe fortes condicionamentos à sua ocupação, uma vez que esta tende a localizar-se em zonas muito vulneráveis e de grande risco.

Como a maioria dos sistemas deste tipo, a Ria Formosa apresenta um carácter extremamente dinâmico, com elevadas taxas de evolução das ilhas e barras. A ocorrência de temporais e a elevação do nível médio do mar são dos principais factores que conduzem a uma alta susceptibilidade a galgamentos oceânicos, neste sistema.

É nas ilhas-barreira que ocorrem os maiores problemas de gestão do sistema. Com vários grupos de interesse envolvidos torna-se necessário manter uma gestão eficiente no sistema de ilhas-barreira. A intervenção é, actualmente, urgente, correndo-se o risco do sistema se perder de forma irreversível. Tal intervenção terá, necessariamente, de ser ampla e cautelosa. Para tal, esta terá que ser suportada e apoiada por uma sólida base de investigação científica, não menosprezando aspectos de carácter social, económico e ambiental. Podem destacar-se três técnicas de intervenção a serem adoptadas: intervenção rígida, intervenção suave e demolição de infra-estruturas.

Palavras-chave: Ria Formosa, ilhas-barreira, barras, gestão, vulnerabilidade.

Barrier-islands vulnerability and Ria Formosa dynamic in a management view.

ABSTRACT

The barrier-islands system of Ria Formosa is an important natural resource providing many conditions to several activities, such as tourism. Since the 1960s, tourism has been intense in some islands, particularly «Praia de Faro» in the Ancão Peninsula, with the construction of many infra-structures on the dune ridge, with the consequent human occupation. It is essential to attend to the instability that characterises this system because the occupation area is very vulnerable and concentrates in great risk situation.

As the majority of the barrier-islands systems, Ria Formosa is a complex environment that presents a very dynamic processes, with high evolution rates of islands and inlets. The precarious equilibrium conditions associated to storm events and sea-level rise leads to great overwash susceptibility.

The main problems of system management occur in barrier-islands. With several stakeholders involved it is necessary to maintain an efficient management. An extensive and carefully urgent intervention is necessary in order to avoid irreversible negative consequences. To achieve this, a solid scientific investigation should be carried out, including social, economic and environmental aspects. Three types of techniques should be adopted to protect barrier-islands and structures from shoreline erosion: hard defences, soft techniques and non-structural alternatives, such as relocation or retreat of infra-structures.

Key-Words: Ria Formosa, barrier-islands, inlets, management, vulnerability.

ÍNDICE

1. Introdução

1.1. A Ria Formosa.....	1
1.2. Características Hidrodinâmicas.....	2
1.3. Dinâmica Geral.....	3
1.4. Importância Socio-Económica.....	5
1.5. Importância Ambiental.....	6
1.6. O passado.....	7
1.7. Situação actual.....	7
1.8. Problemática da continuidade.....	8
1.9. Objectivos.....	11

2. Metodologia..... 13

3. O sistema de ilhas-barreira

3.1. Quarteira – Praia do Garrão.....	15
3.2. Península do Ancão.....	23
3.3. Barra do Ancão.....	32
3.4. Ilha da Barreta.....	34
3.5. Barra Faro-Olhão.....	36
3.6. Ilha da Culatra.....	37
3.7. Barra da Armona.....	41
3.8. Ilha da Armona.....	41
3.9. Barra da Fuzeta.....	43
3.10. Ilha de Tavira.....	44
3.11. Barra de Tavira.....	48
3.12. Ilha de Cabanas.....	49
3.13. Barra do Lacém.....	52
3.14. Península de Cacela.....	54
3.15. Quadros síntese.....	58

4. Discussão

4.1. Evolução Geral do Sistema.....	60
4.2. A Ria Formosa e outros sistemas de ilhas-barreira.....	68
4.3. Intervenção.....	71

5. Considerações finais..... 79

6. Referências bibliográficas..... 80

1. INTRODUÇÃO

1.1. A Ria Formosa

A Ria Formosa é a unidade fisiográfica dominante do litoral central e oriental do Algarve e encontra-se inserida na área do Parque Natural da Ria Formosa (PNRF) e da Rede Natura 2000. O sistema de ilhas-barreira da Ria Formosa é, actualmente, constituído por duas penínsulas (Ancão e Cacela), que constituem, respectivamente, os limites ocidental e oriental do sistema, por cinco ilhas-barreira (de Oeste para Este: Barreta, Culatra, Armona, Tavira e Cabanas), e por um vasto corpo lagunar onde abundam, entre outros, sapais, canais de maré, ilhotas e rasos de maré. Essas ilhas e penínsulas são separadas por 6 barras (do Ancão ou de São Luís, de Faro-Olhão, da Armona ou Grande, da Fuzeta, de Tavira e do Lacém ou de Cacela), que viabilizam trocas hídricas, sedimentares, químicas e de nutrientes entre o meio lagunar e o oceano. Das barras aludidas, a de Faro-Olhão e a de Tavira são artificiais, estando fixadas com molhes. Em termos gerais, o sistema tem cerca de 50km de comprimento, com cordões dunares com largura variável entre 100 e 750m (Duarte *et al.*, 1999). Apresenta forma de triângulo escaleno, com vértice virado para Sul (Pilkey *et al.*, 1986) e alongado para Nordeste, que se desenvolve entre as longitudes de 8° 02`W e 7° 31`W. O lado ocidental do sistema é mais energético, directamente exposto à ondulação dominante, enquanto que o lado oriental está exposto às condições de “Levante” (ventos de SE provenientes do Mediterrâneo) (Pilkey *et al.*, 1989). A superfície de área do sistema lagunar (zona húmida sob a influência das marés) é de 11866ha e a restinga arenosa que protege a laguna das investidas do mar tem cerca de 1947ha (Fig. 1). O PNRF abrange uma área sensivelmente maior, de cerca de 18400ha (Pré-Parque – zona tampão 3400ha e Parque 15000ha) e engloba parte dos concelhos de Loulé, Faro, Olhão, Tavira e V.R. Stº António (Marcelo & Fonseca, 1997).

A actual designação do sistema é, cientificamente, incorrecta, pois as “rias” correspondem a vales fluviais inundados, e têm como paradigma as *Rias Bajas* da Galiza. As características tipológicas das verdadeiras rias são completamente diferentes das do sistema lagunar de Faro-Olhão, designação por que era conhecida até à década de 80 do século XX. A actual designação de “Ria Formosa” é, pois, imprópria e teve essencialmente motivações de natureza turística (Dias *et al.*, 2004).



Figura 1 – Imagem da Ria Formosa (adaptado de Google Earth 4.2, 2007).

1.2. Características Hidrodinâmicas

De acordo com Dias (1988) e Pilkey *et al.* (1989), fundamentados no modelo de Hoyt (1967), a origem deste sistema de ilhas barreira esteve relacionado com a flutuação do nível do mar durante as glaciações e de-glaciações. As ilhas-barreira da Ria Formosa apresentam algumas características peculiares para os investigadores, tais como a inexistência de um grande rio, a amplitude de maré e a disposição geral do sistema.

O regime de maré é mesotidal com uma amplitude máxima de aproximadamente 3,5m nas marés vivas (Pilkey *et al.*, 1989).

O regime de ventos na Ria Formosa (caracterizado apenas nas estações meteorológicas de Faro e Tavira), apresenta velocidades médias da ordem dos 15km/hora em Faro e 10km/hora em Tavira, e os rumos mais frequentes de W e SW, e de N e SW, respectivamente (Moura *et al.*, 1988; INMG, 1991 *in* Mendonça, 2001). O clima de agitação marítima é, assim, dominado pela ondulação de W e SW (68% das ocorrências), no entanto a ondulação de E e SE provocada pelas condições de Levante é também importante, representando 25% das ocorrências. A ondulação de W e SW tem médias anuais de altura significativa ao largo (Hso) de 0,8 e 1,0m, com períodos médios de 4,9s e 4,5s, respectivamente. A ondulação de SE apresenta Hso ligeiramente superior (1,2m) e período médio de 4,9s (Costa, 1994). Durante o Inverno é frequente a ocorrência de temporais com Hso superior a 3m, sobretudo de W e SW, mais comuns e energéticos que os temporais de SE (Sá-Pires *et al.*, 2001).

1.3. Dinâmica Geral

No sistema de ilhas-barreira da Ria Formosa, a morfodinâmica é muito intensa, sendo função do clima de agitação marítima e das correntes de maré (Pilkey *et al.*, 1989). As taxas de crescimento de algumas ilhas são verdadeiramente notáveis a nível mundial. Por exemplo, a Ilha da Armona, limitada a oriente pela Barra da Fuzeta, progrediu para Leste 2900m entre 1944 e 1984 (Esaguy, 1985). Por outro lado, e em consequência desta dinâmica, o sistema é muito vulnerável, respondendo de forma rápida e intensa à construção de obras de engenharia litoral (Dias, 1988).

As praias ao longo das ilhas-barreira são geralmente estreitas e o seu comportamento varia entre o reflectivo e o intermédio no extremo ocidental (Martins *et*

al., 1996; Ciavola *et al.*, 1997; Ferreira *et al.* 1997) e intermédio e dissipativo no extremo oriental (Matias *et al.*, 1998a).

A agitação marítima tem uma quantidade de energia associada que é consumida, numa primeira fase, pelos mecanismos naturais de resposta da praia, tais como as barras submersas e, posteriormente, sobre a própria face da praia, por rebentação directa. Apenas as praias morfologicamente robustas poderão suportar eventos energéticos de grande intensidade. Os efeitos de uma tempestade violenta, ou de vários episódios tempestuosos sucessivos, podem esgotar uma praia das suas capacidades intrínsecas de defesa, levando à erosão do cordão dunar ou da arriba, bem como destruição infra-estruturas, quando presentes (Ferreira *et al.*, 1997). É nestas condições de agitação com maior energia que ocorrem problemas de erosão acompanhados por frequentes galgamentos oceânicos, principalmente em situações de maré-alta viva (Andrade, 1990b).

As ilhas-barreira do sistema da Ria Formosa, à semelhança de grande parte dos sistemas mundiais deste tipo, estão em activa fase de migração em direcção ao continente, muito provavelmente como resposta à actual elevação do nível médio do mar, sendo, portanto, um sistema do tipo transgressivo (Monteiro *et al.*, 1984; Dias, 1988; Pilkey *et al.*, 1989). O processo de migração das ilhas é complexo. Os galgamentos oceânicos são extremamente importantes neste processo. Assim sendo, a gestão deve integrar uma adaptação aos galgamentos naturais, uma vez que estes processos são vitais para o funcionamento do sistema. O transporte de areias induzido por ventos do mar para terra, e da integração de deltas de enchente também são importantes (Ramos & Dias, 2000).

A evolução das barras é, de modo geral, caracterizada por uma migração para nascente até atingirem uma posição limite, na qual começam a assorear, abrindo-se nova

barra, aproximadamente na posição inicial (Weinholtz, 1978), excepção feita à Barra da Armona que se tem mantido aproximadamente na mesma posição (o que ocorre de forma “natural”) e ainda às barras Faro-Olhão e Tavira, visto estas terem sido estabilizadas com recurso à construção de molhes.

As dunas costeiras, devido ao seu carácter bastante dinâmico, apresentam uma grande variedade que resulta da interacção de vários factores, tais como o balanço sedimentar, a vegetação, o vento e o clima de agitação marítima. A adicionar aos factores naturais existe ainda a acção antrópica que, em determinadas situações é responsável por grandes mudanças geomorfológicas e ecológicas no sistema (Matias *et al.*, 1997).

As arribas, localizadas a ocidente do sistema, principalmente as que se situam entre o Ancão e Olhos de Água, têm sido consideradas como principal elemento abastecedor de areias para o sistema (Andrade, 1990a; Correia *et al.*, 1997).

1.4. Importância Socio-Económica

Devido às suas características naturais, o sistema de ilhas-barreira da Ria Formosa constitui um recurso de grande importância socio-económica, com várias actividades ligadas, sendo as mais importantes a pesca, a aquacultura (produção de peixe e bivalves), as actividades portuárias e o turismo. Estima-se que, actualmente, o sistema gere directamente mais de cinquenta milhões de euros em actividades variadas. A Ria Formosa é a mais importante zona de produção de bivalves do país, detendo cerca de 80% da produção nacional (Cortesão *et al.*, 1986), nomeadamente amêijoas e berbigão (Muzavor, 1991).

1.5. Importância Ambiental

A Ria Formosa assume particular importância a nível ambiental, pelo que lhe foi atribuído o estatuto de Reserva Natural, instituído pelo decreto-lei 45/78 de 2 de Maio. No entanto, este estatuto de protecção implicava fortes restrições à exploração dos recursos naturais e outras actividades antrópicas, pelo que foi atribuído o estatuto de Parque Natural da Ria Formosa, criado pelo decreto-lei 373/87 de 9 de Dezembro, procurando, assim, efectuar uma exploração dos recursos racional e sustentável de modo a compatibilizar as componentes socio-económicas e ambientais. Mais tarde foi, também, inserida na Rede Natura 2000.

Este sistema é caracterizado pela sua diversidade faunística e florística, destacando o facto que esta área tenha, no que respeita à avifauna, uma importância nacional (como zona de nidificação) e internacional (migração e invernada). É considerada uma zona húmida de interesse mundial, especialmente como habitat de aves aquáticas estando protegida pelas convenções internacionais de Ramsar e de Berna, que Portugal ratificou, assumindo, assim, o compromisso de preservar o sistema.

O cordão litoral formado pelas ilhas-barreira constitui e serve de protecção a uma grande diversidade de habitats, tais como uma vasta área de sapal, dunas, lagoas de água salobra, zonas intertidais, canais e ilhotes, salinas, pisciculturas e cursos de água doce com vegetação ribeirinha. Segundo J.A.Dias (com. Pess.) este sistema de ilhas-barreira é único na Europa, constituindo por si só um argumento razoável para a criação de uma área protegida que o delimite (“monumento geomorfológico”) (Marcelo & Fonseca, 1997).

1.6. O passado

Desde tempos antigos que os sistemas lagunares e estuarinos são locais preferenciais para a fixação de populações, o que lhes concede um grande valor intrínseco de carácter histórico-cultural (Sea, 1985). No entanto, e apesar das grandes apetências que apresenta para exploração pelo Homem, a ocupação humana na Ria Formosa e sobretudo nas ilhas-barreira sempre foi ínfima ou, mesmo, nula, iniciando-se significativamente apenas em finais do século XIX, sobretudo por populações ligadas à actividade pesqueira, primeiro temporárias e depois permanentes, mas em zonas protegidas do mar (Bernardo & Dias, 2002). Os problemas de gestão no sistema só surgiram muito depois, aquando a irracionalidade da ocupação selvática resultado de uma intenso oportunismo individualista ou dos interesses imobiliários, vieram colocar essas infra-estruturas em risco permanente (Marcelo & Fonseca, 1997), devido à erosão e exposição aos temporais. Foi a partir dos anos 60 que a voraz ocupação tomou lugar, com a implementação de instalações de índole turística e hoteleira, seguindo o modelo de desenvolvimento turístico dessa época (Kemp, 1976 *in* Marcelo & Fonseca, 1997).

1.7. Situação actual

As características do sistema de ilhas-barreira da Ria Formosa são incompatíveis com uma ocupação intensa e permanente. Justamente, nas últimas décadas, a ocupação tem revelado tendência para se intensificar e tornar permanente. Acresce, ainda, o que é extremamente grave, a tendência de localizar-se nas zonas mais frágeis e de maior risco. É o que se verifica, por exemplo, na Praia de Faro (Península do Ancão), no núcleo urbano do Farol (Ilha da Culatra), na povoação da Armona e no povoamento construído em frente da Fuzeta (Ilha da Armona). Esta ocupação de índole turística e moderna contrasta com a ocupação tradicional (núcleos piscatórios) localizados por via de regra

nos sítios mais seguros. Além do risco intrínseco que acarreta, a ocupação moderna, acaba por fragilizar amplas áreas e induzir impactes negativos na globalidade do sistema, podendo mesmo colocar em causa a existência das ilhas-barreira e, conseqüentemente, do próprio meio lagunar por elas definido (Dias *et al.*, 2004).

O PNRF é frequentemente criticado pelas populações e até por outras entidades com jurisdição na área, por não aceitarem o seu poder decisório, dentro dos seus limites. Um pouco por toda a Ria Formosa a vegetação natural das dunas e dos sapais foi destruída e aterraram-se sapais para se construírem habitações de veraneio e infra-estruturas de apoio. Actualmente, ainda existem esgotos domésticos e industriais que são directamente lançados à Ria (por vezes para zonas de produção aquícola) sem tratamento adequado e pesca-se com artes proibidas, causando impactes nas populações piscícolas. Não obstante, algumas destas actividades são licenciadas por entidades públicas, tendo o PNRF de accionar os mecanismos legais, de modo a evitar a sua execução, que são lentos e muitas vezes ineficazes (Marcelo & Fonseca, 1997).

Além dos problemas aludidos, outros, de carácter mais generalista, ocorrem também dentro da área da Ria Formosa tais como a extracção de areias; descargas de entulho; utilização de técnicas inadequadas nos viveiros e aquaculturas; introdução de espécies exóticas (faunísticas e florísticas) ou o afluxo turístico massivo e desordenado. Segundo Marcelo & Fonseca (1997), todas estas situações prejudicam o ecossistema, levando à degradação e perda de biótopos com as irreversíveis implicações daí resultantes, como a redução de biodiversidade.

1.8. Problemática da continuidade

A complexidade dos sistemas costeiros, em geral, reflecte-se no conhecimento científico que temos hoje em dia, que é muito limitado (Dias, 2003). A Carta Europeia

do Litoral (1981) e a Carta Europeia do Ordenamento do Território (1984) vêm alertar para a necessidade de uma política específica para as zonas costeiras face às ameaças a que estão sujeitas (Marcelo & Fonseca, 1997). Todavia, terá que se ter em conta que as zonas costeiras são sistemas abertos e uma gestão integrada das zonas costeiras implica necessariamente um gestão integrada do território (Dias, 2003).

Na frente oceânica, a erosão costeira tem sido antropicamente amplificada. Os principais agentes causadores desta situação, que levaram o sistema a entrar em ruptura, foram a construção dos molhes da marina de Vilamoura e do campo de esporões de Quarteira, e a fixação artificial das barras Faro-Olhão e Tavira. A erosão costeira fortemente amplificada, juntamente com o aumento do pisoteio, veio aumentar a vulnerabilidade ao galgamento na maior parte do sistema. As cerca de 2000 construções clandestinas existentes nas ilhas-barreira, vieram potenciar, ainda mais, o risco de galgamento, pois estão frequentemente edificadas sobre o cordão dunar frontal, chegando a encontrar-se em zonas de elevada vulnerabilidade ao galgamento (Ramos & Dias, 2000).

Tal como já foi referido anteriormente, o sistema da Ria Formosa constitui um recurso económico de grande importância regional e, mesmo, nacional, em múltiplas actividades. A maior parte destas actividades necessita de um bom funcionamento hidráulico do sistema que proporcione uma eficiente renovação das águas e dos canais com profundidades minimamente adequadas. Todavia, verifica-se que, nas últimas décadas, os canais foram sendo progressivamente assoreados em parte devido a causas naturais, como a elevação do nível do mar, surgindo o projecto de dragagens ecológicas que envolveram todo o sistema lagunar. Porém, a maior parte das causas de assoreamento têm origem antrópica, tais como lançamento de efluentes urbanos e industriais directamente para o meio lagunar, impermeabilização das áreas circundantes

(com aumento da escorrência superficial e transporte de materiais "urbanos"), dragagens portuárias com ressuspensão de finos, entre outras. Os galgamentos oceânicos podem, também, constituir um factor importante de assoreamento em algumas zonas. Como as dragagens se efectuam periodicamente nos canais de navegação e não nos restantes, o funcionamento do sistema foi-se alterando, pois a renovação das águas é insuficiente para manter os sistemas ecológicos. Uma das actividades mais lesadas foi a cultura de bivalves (Ramos & Dias, 2000).

Segundo Ferreira *et al.* (1997), as praias mais susceptíveis e vulneráveis são as que sofrem as consequências de intervenções humanas (directas ou indirectas) resultantes de uma ocupação mal planeada. Um planeamento mal concebido conduz a efeitos não desejados e, por vezes, economicamente desastrosos. O resultado da construção indevida em sistemas muito sensíveis como as praias reflecte-se, na maioria das vezes, em elevadas perdas materiais através da destruição de infra-estruturas. No entanto, é importante referir que, frequentemente, os gestores deste tipo de ambientes se encontram desprovidos de instrumentos de gestão eficientes, sem suporte científico consistente, vendo-se obrigados a tomar decisões urgentes com meios de apoio insuficientes.

Implicações da subida do Nível Médio do Mar (NMM)

Na análise desta problemática há que considerar a subida do NMM, uma realidade com que nos deparamos actualmente e que qualquer plano de gestão para uma zona costeira deverá ter em conta.

Os sistemas de ilhas-barreira são muito sensíveis a variações do NMM, principalmente a fases de elevação deste. Segundo Ferreira *et al.* (2001), os estuários e os sistemas lagunares costeiros são as zonas mais afectadas pela subida do NMM, em

Portugal. Entre estas zonas inclui-se a Ria Formosa, onde os impactes socio-económicos serão grandes. No entanto, muitos destes impactes negativos poderão ser minimizados, ou até evitados, se se tomarem as devidas precauções antes das trágicas consequências. Para que isto aconteça, governantes, gestores e população em geral terão que ter em conta a problemática da subida do NMM nas suas decisões.

Dias & Taborda (1988; 1992) chegaram a um valor de elevação do NMM de 1,5 \pm 0,2mm/ano, calculado em Lagos, no último século, enquanto que Douglas (1995), estimou, numa perspectiva global, um aumento médio de 2mm/ano nos últimos 100-150 anos.

Este problema assume maior importância durante os períodos mais energéticos, na medida em que é principalmente durante eventos tempestivos associados a períodos de marés vivas que se verificam os mais graves episódios de erosão costeira. Foi confirmado que na costa portuguesa o fenómeno da sobrelevação “storm surge” é bastante significativo, devendo ser considerado como um parâmetro essencial na análise da dinâmica sedimentar, com implicações directas na gestão das infra-estruturas edificadas junto à costa. Esta situação é, pois agravada pela subida do NMM (Gama *et al.*, 1997; Ferreira *et al.*, 2004).

1.9. Objectivos

Ao tentar fazer um estudo de gestão e conservação, é imprescindível ter em conta as componentes social (e cultural), ambiental e económica do sistema, para atingir o desenvolvimento sustentável. No entanto, atendendo ao facto que para tal seria necessária uma abordagem geral do sistema em todos os aspectos (muitos deles empíricos), optou-se por definir alguns objectivos indispensáveis na execução de um plano de gestão. Assim, este trabalho pretendeu contribuir para este fim, apresentando

uma visão clara, concisa e actualizada do que ocorre na zona de interface entre o mar e o meio lagunar, ou seja as ilhas-barreira. Em particular pretendeu-se:

- Analisar a dinâmica e evolução das barras e das ilhas-barreira, nos últimos anos;
- Avaliar a vulnerabilidade das ilhas-barreira;
- Identificar as principais áreas de risco e os impactos da ocupação humana nas ilhas-barreira;
- Discutir aspectos relacionados com a intervenção.

2. METODOLOGIA

Atendendo à situação problemática que o sistema da Ria Formosa apresenta, uma vez que os interesses subjacentes (sobretudo turísticos) menosprezam outras realidades que precisam igualmente de ser observadas, procedeu-se, numa primeira fase, a um exame do conhecimento existente, que começou pela pesquisa bibliográfica (e definição de conceitos) e preparação de um plano de tese.

Seguidamente procedeu-se à inventariação dos meios de pesquisa. Para tal foram contactadas instituições que possuem algum conhecimento científico particular da Ria Formosa, como o PNRF, o CIACOMAR e o IPTM.

Findas as etapas anteriores, foi iniciada a recolha de dados, sobretudo por pesquisa bibliográfica, mas também através das instituições ou por observação *in situ* da área de estudo. O software informático Google Earth - Versão 4.2 (2007) foi, também, utilizado na análise do sistema lagunar. Conquanto a área de estudo se defina como todo o sistema lagunar da Ria Formosa, a recolha de dados incidiu predominantemente na interface entre o oceano e a ria, ou seja, nas ilhas-barreira e nas barras que as delimitam.

Com base na estrutura geográfica do sistema foram definidos e individualizados oito sectores, ao longo da área de estudo: Quarteira – Praia do Garrão, Península do Ancão, Ilha da Barreta, Ilha da Culatra, Ilha da Armona, Ilha de Tavira, Ilha de Cabanas e Península de Cacela. Cada ilha ou península foi definida como um sector. As seis barras do sistema foram, também, definidas separadamente: Barra do Ancão, Barra Faro-Olhão, Barra da Armona, Barra da Fuzeta, Barra de Tavira e Barra do Lacém. Embora não faça parte do sistema da Ria Formosa, resolveu inserir-se, neste trabalho, o sector Quarteira – Praia do Garrão, por se encontrar a barlamar deste, e, como tal, vários problemas que afectam o sistema têm aqui origem.

Dividiram-se os sectores em partes, distinguidas segundo a sua orientação - W, C e E, de modo a analisar a morfodinâmica nas suas extremidades.

Dentro de cada sector foram identificadas as zonas de maior risco e vulnerabilidade, analisadas as taxas de evolução da linha de costa, existência ou ausência de ocupação, presença de cortes eólicos e de vegetação e a existência de intervenções. Para as barras foram analisadas as características mais relevantes: largura, estabilidade e taxas de migração. Estes parâmetros, assim como outros mais específicos de cada sector, foram obtidos através de bibliografia, a mais actualizada possível, por vezes aludindo breves trechos históricos que evidenciam mais claramente a situação actual.

Os dados obtidos permitiram efectuar uma apreciação da evolução geral do sistema de ilhas-barreira da Ria Formosa. De forma a adquirir o conhecimento desta dinâmica e evolução das ilhas-barreira, necessário para se efectuarem as decisões correctas para a gestão, foi efectuada uma comparação com a história do desenvolvimento em outras áreas com características geológicas e oceanográficas semelhantes, nomeadamente na costa Leste dos EUA.

Por fim, foi efectuada uma referência à intervenção no sistema, descrevendo a possibilidade de intervenção mediante três técnicas: intervenção suave, intervenção rígida e demolição de infra-estruturas.

3. O SISTEMA DE ILHAS-BARREIRA

As ilhas-barreira são as zonas onde existe maior conflituosidade dentro do sistema da Ria Formosa. São também as zonas de maior risco, devido à vulnerabilidade aos galgamentos e elevada dinâmica. Embora as penínsulas e ilhas sejam estreitas faixas de terra (constituídas unicamente por areia), apresentam um papel fundamental na estrutura do sistema, pois protegem o meio lagunar da penetração do mar. Pode-se mesmo dizer que são a epiderme do sistema e sem elas não existiria Ria Formosa.

De seguida descrevem-se, um por um, os diferentes sectores das ilhas-barreira da Ria Formosa, começando pelo sector Quarteira – Praia do Garrão. Embora não faça parte integrada da Ria Formosa este sector é de extrema importância na medida que fornece sedimentos ao sistema e como veremos, enfrenta, tal como a Ria Formosa, diversos problemas, sobretudo de erosão costeira. Na realidade, não existem sistemas fechados na Natureza, pelo que a Ria Formosa não pode ser encarada assim. Num plano de gestão terão que se avaliar os problemas a montante e a jusante do alvo de intervenção e verificar se económica, social e ambientalmente será viável a sua prossecução.

3.1. Quarteira – Praia do Garrão

O sector entre Quarteira e a Praia do Garrão (Forte Novo, Trafal e Vale do Lobo) é caracterizado por um conjunto de arribas talhadas em formações arenosas de idade Plio-pleistocénicas (Andrade, 1990a; Boski *et al.*, 1993), com praia subjacente contínua. A litologia dominante, pouco coesa e muito fracturada, é constituída por arenitos e lutitos mal consolidados que são facilmente desagregáveis e parte importante da areia da praia existente na base das arribas provém da erosão destas formações (Dias,

1986; Andrade, 1990a; Correia *et al.*, 1997). Apresenta uma intensa actividade e ocupação antrópica, especialmente em Vale do Lobo.

A evolução das arribas está fortemente dependente da praia subjacente que, em maior ou menor grau, confere protecção da acção directa do mar. No entanto, a susceptibilidade destas arribas à erosão marinha é extremamente elevada. A envergadura da praia diminuiu ao longo do tempo, permitindo um forte desgaste da base das arribas, especialmente em alturas de marés-cheias de águas vivas no período invernal, quando a agitação marítima ultrapassa a protecção conferida pela existência da praia (Andrade, 1990a; Correia, 1996; Dias *et al.*, 1997; Pereira *et al.*, 1997b). Nalguns locais o recuo chega a atingir 2m/ano ou mais (Dias, 1984, 1986; Correia *et al.*, 1997).

Ao longo da zona urbanizada de Quarteira (aproximadamente 3,3Km) (Fig. 2), a Direcção Geral de Portos procedeu a obras de defesa longitudinal, construindo, entre 1971 e 1974, doze esporões de cerca de 140m de comprimento, uma vez que a praia de Quarteira era praticamente inexistente. Foram, ainda, construídos dois molhes de acesso à marina de Vilamoura (o ocidental com 600m e o oriental com 500m) (Bettencourt, 1985; Esaguy, 1988). Desde há muito que há registos de erosão costeira na zona de Quarteira, numa zona de praia sem arriba. Há referências a um recuo da linha de costa da ordem de 100m verificado entre 1918 e 1943 e de 60m entre 1943 e o início da década de 60, traduzida numa erosão da praia de quase 180000m³, nesta última fase (Esaguy, 1988).



Figura 2 – Vista parcial da praia de Quarteira, salientando-se a intensa ocupação (fotografia obtida em Novembro de 2006, pelo autor).

Os molhes de Vilamoura, bem como as obras de defesa costeira de Quarteira, interromperam a deriva litoral (ficando os sedimentos retidos a ocidente), perturbando os sistemas costeiros no sector de arribas localizados a nascente, reduzindo as praias ao mínimo e verificando-se forte incremento das taxas de recuo dessas arribas (Dias, 1986; Andrade, 1990a; Correia, 1996; Pereira *et al.* 1997a; Oliveira *et al.*, 2005).

O forte situado na arriba do Forte Novo (Fig. 3), logo a Leste do campo de esporões, ficou em situação precária, em virtude do recuo deste sector. Em 1976, face ao perigo de desmoronamento em que se encontrava, foi abandonado pela Guarda Fiscal que o ocupava e, em 1978, já estava completamente destruído (Esaguy, 1988). Actualmente, as suas ruínas submersas, são visíveis durante a baixa-mar a várias dezenas de metros da arriba.



Figura 3 – Praia do Forte Novo e arribas (fotografia obtida em Novembro de 2006, pelo autor).

Em 1963, foi ocupada a zona de Vale do Lobo (localizada a 3Km a oriente de Quarteira) (Fig. 4), numa situação aparentemente estável, tendo em conta as baixas taxas de recuo das arribas, mas que depressa viria a ter problemas devido à sua vulnerabilidade. Na altura, a Direcção Geral dos Serviços Hidráulicos expôs as suas reservas em relação ao empreendimento, recomendando explicitamente que “...as edificações da beirada do mar deverão prudentemente implantar-se mais para terra.” Estas recomendações, sem carácter vinculativo, não foram consideradas e o empreendimento obteve licença para construção (Dias *et al.*, 1997). Devido ao recuo da arriba, a parte frontal deste aldeamento começou a ficar seriamente ameaçada no início da década de 80, provocando vários danos, designadamente a destruição do logradouro da piscina. Foi, então, construído um enrocamento frontal com cerca de 150m, que lhe conferiu protecção, mas que devido ao efeito de flanco, induziu, na zonas adjacentes, um recuo acelerado das arribas e que não impediu a continuação do processo erosivo em toda a frente de Vale do Lobo (Correia, 1996; Dias *et al.*, 1997; Pereira *et al.*, 1997a).

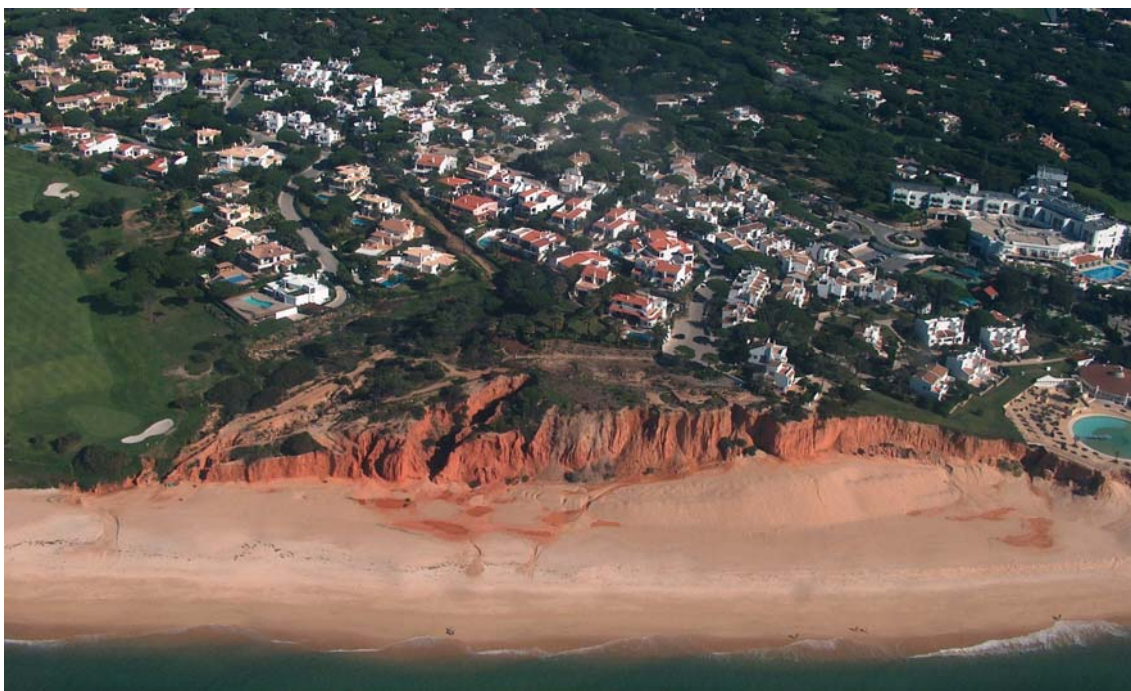


Figura 4 – Empreendimento de Vale do Lobo, praia e arribas (fotografia obtida em Novembro de 2006, pelo autor).

O aumento das taxas médias de recuo no sector Quarteira-Garrão parecem resultar essencialmente da construção das estruturas de Vilamoura-Quarteira. É um facto que este troço costeiro já se encontrava em erosão de forma natural, como sugerem os dados relativos ao período de 1958/69, em parte devido à subida do NMM (Correia, 1996; Oliveira *et al.*, 2005). No entanto, outros processos foram responsáveis pela aceleração do recuo. A substituição da vegetação autóctone por culturas que necessitam de maior irrigação (por ex. campos de golfe), a deficiente rede de drenagem pluvial devido à impermeabilização dos solos e a existência de colectores pluviais, contribuíram para o aparecimento de zonas preferenciais de infiltração e escorrência das águas e conseqüente desgaste das arribas, assim como o aumento de carga resultante do tráfego e destruição directa das arribas pelas pessoas (ex. graffiti), em particular na época balnear (Correia, 1996; Oliveira *et al.*, 2005).

A situação em todo o sector Quarteira – Garrão é actualmente grave. Vale do Lobo é o local em que o problema de erosão costeira é mais grave, dada a sua amplitude e intensidade de ocupação (Dias *et al.*, 1997). Os dados disponíveis parecem reflectir a tendência de aumento da erosão na parte oriental do sector (até agora mais estável), apesar das realimentações efectuadas no sentido de proteger a Praia de Vale do Lobo.

Nas décadas de 80 e 90, vários autores estudaram as taxas de recuo das arribas neste sector (Guillemot, 1979; Dias, 1984, 1988; Granja, 1984; Bettencourt, 1985, 1988; Bettencourt *et al.*, 1989; Andrade, 1990a; Marques, 1991; Marques e Romariz, 1991; Dias e Neal, 1992; Correia *et al.*, 1994, 1995, 1996, 1997; Correia, 1996; Pereira *et al.*, 1997a, 1997b; Oliveira *et al.*, 2005). Contudo, os resultados obtidos apresentam grande variabilidade provavelmente devido a disparidade de métodos de análise utilizados (comparação cartográfica, monitorização de perfis no campo, comparação de fotografias aéreas, medições periódicas no terreno e restituição fotogramétrica) e aos diferentes períodos considerados (Correia, 1996; Dias *et al.*, 1997; Pereira *et al.*, 1997a). Neste trabalho utilizar-se-ão os resultados de Correia (1996) e de Oliveira *et al.* (2005), por serem os mais recentes e provavelmente de maior precisão por serem obtidos por restituição fotogramétrica.

Evolução das taxas de recuo das arribas

Na Figura 5, encontram-se os dados relativos às taxas de recuo das arribas, em diferentes períodos, desde 1958.

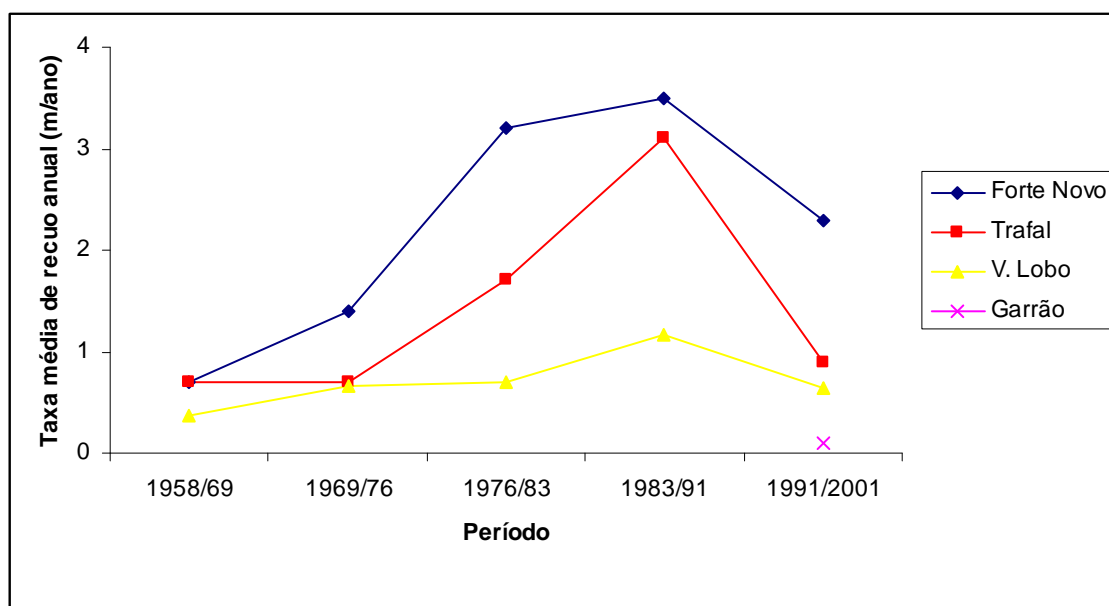


Figura 5 – Taxas médias de recuo anual (m/ano), para Forte Novo, Trafal e Vale do Lobo, em diferentes períodos, desde 1958 (adaptado de Correia, 1996 e Oliveira *et al.*, 2005).

Nota – Os períodos 1958/69, 1969/76, 1976/83 e 1983/91 correspondem aos dados de Correia (1996) e o período 1991/2001 a Oliveira *et al.* (2005).

Segundo Correia (1996), no período de 1958/69, verifica-se um recuo médio anual relativamente pequeno em toda a zona, na ordem dos 0,5m/ano. Este valor sugere uma aproximação à evolução natural do sistema (sem influência antrópica directa), correspondente à elevação do NMM.

No período seguinte (1969/76), assiste-se a um aumento na taxa de recuo de 0,7 para 1,4m/ano, no Forte Novo, o que parece ter resultado das construções das estruturas de Vilamoura-Quarteira durante este período, onde o impacto se fez sentir de imediato e com maior intensidade. No Trafal (situado a 300m a Oriente do Forte Novo), o recuo médio anual não se alterou, mantendo-se os 0,7m/ano. Esta situação pode ter sido resultado da erosão das arribas de Forte Novo que forneceram sedimentos à praia do Trafal, protegendo-a por algum tempo (Correia *et al.*, 1996).

O impacte a sotamar das estruturas aumentou, tanto em intensidade como em extensão, no período seguinte (1976/83), atingindo mais de 3m/ano em Forte Novo e

1,7m/ano no Trafal. Contudo, em Vale do Lobo, as taxas continuavam a ser relativamente baixas.

Durante o período de 1983/91, as taxas intensificaram-se ainda mais em Forte Novo (3,5m/ano), quase duplicaram no Trafal (3,1m/ano) e atingiram Vale do Lobo com valores médios superiores a 1m/ano, pelo que a situação se tornou crítica para o empreendimento aí situado, pondo em risco várias infra-estruturas. É de referir, no entanto, que neste período se inclui o Inverno de 1989/90, caracterizado por precipitação muito elevada e agitação marítima superior ao normal (Correia, 1996).

No último período analisado (1991/2001), segundo resultados obtidos por Oliveira *et al.* (2005), verifica-se uma diminuição generalizada nas taxas de recuo. O sector do Forte Novo foi o que registou maior recuo (23m) neste período de 10 anos, com uma taxa de 2,3m/ano. Nos restantes sectores verificaram-se valores inferiores a 1m/ano. Foram, ainda, obtidos resultados na praia do Garrão, que demonstraram uma taxa de recuo quase insignificante (0,1m/ano). A explicação, segundo Oliveira *et al.* (2005), para esta diminuição nas taxas de recuo, deve-se às intervenções efectuadas neste troço costeiro a partir de 1997. Estas intervenções contemplaram: (1) melhoria do sistema de drenagem das águas pluviais nos sectores de arriba, (2) construção do porto de pesca de Quarteira e respectiva reabilitação da frente marítima de Quarteira no seu sector oriental, (3) a realimentação artificial da Praia de Vale do Lobo em toda a sua extensão e (4) a realimentação da Praia de Quarteira, esta ultima como medida de mitigação da construção do porto de pesca.

Considerações sobre o balanço sedimentar

Correia *et al.* (1997) consideram diferentes fornecedores sedimentares potenciais para este sector costeiro (deriva litoral, contribuição das arribas, contributo das praias, contribuição fluvial, dunas e zona submersa), concluindo que o principal contributo proverá da erosão das arribas, sendo os restantes fornecimentos pouco expressivos. Estes autores utilizaram o período de 1983/91 para determinar o contributo para o balanço sedimentar das arribas neste sector (o período com maior taxa de recuo e mais recente até então). A estes níveis de recuo correspondeu um volume anual retido na praia, debitado pelas arribas, de cerca de 36400m³/ano. Admitindo que o volume para saturar a deriva litoral é de 40000m³/ano (Correia *et al.*, 1997), o volume debitado pelas arribas corresponde a 91% desse valor.

Por sua vez, Oliveira *et al.* (2005) obtiveram um valor de 20966m³/ano para o período de 1991/2001, no mesmo sector, um volume correspondente a 52% do que é necessário para saturar a deriva litoral.

3.2. Península do Ancão

A Península do Ancão (Fig. 6) é comprida e estreita (actualmente tem cerca de 8km de comprimento – que varia consoante a posição da Barra do Ancão, e 50 a 250m de largura mas), dispendo-se segundo a direcção NW-SE. Segundo Pilkey *et al.* (1989) e Bettencourt (1994), o recuo da linha de costa chegou a atingir valores na ordem de 1 a 2m/ano, em alguns locais. Podem considerar-se, nesta península, três sectores:

- a) Da Praia do Garrão à zona urbanizada (Ancão W);
- b) O sector urbanizado – Praia de Faro (Ancão C);
- c) Entre a parte urbanizada e a Barra do Ancão (Ancão E).



Figura 6 – Península do Ancão (fotografia obtida em Novembro de 2006, pelo autor).

O sector Ancão W (Fig. 7), situado no extremo ocidental do sistema, possui um cordão dunar contínuo que praticamente é desprovido de urbanização, à excepção de alguns restaurantes localizados no início da península. Uma escarpa permanente evidencia a transição entre a praia e a duna, o que demonstra um recuo da linha de costa, devido à erosão, que em média, ao longo do sector, atinge 0,8m/ano, segundo estudos efectuados por Ferreira *et al.* (2006), entre 1989 e 2001. A duna é elevada (frequentemente superior a 10m), observando-se, no entanto, vestígios de galgamentos oceânicos. A presença de cortes eólicos originados por pisoteio evidencia intensa ocupação humana desordenada, que contribui para a ocorrência dos galgamentos.



Figura 7 – Parte ocidental da Península do Ancão (fotografias obtidas em Novembro de 2006, pelo autor).

O sector Ancão C (Fig. 8) é compreendido pelo sector urbanizado, conhecido pelo nome de Praia de Faro, e constitui a parte central da península. O nível da ocupação humana é bastante elevada neste sector.

Até ao início da década de 60, a Praia de Faro era ocupada apenas por alguns pescadores, não havendo registos de problemas graves para as suas habitações aí instaladas, pois encontravam-se junto à laguna e separadas do mar pelo campo dunar. Com a passagem da gestão desta zona do Domínio Público Marítimo para a Câmara Municipal de Faro em 1956 a ocupação intensificou-se e o alarme sobre uma evolução desfavorável deste núcleo urbano surgiu em 1962 (Esaguy, 1988; Dias *et al.*, 2004).

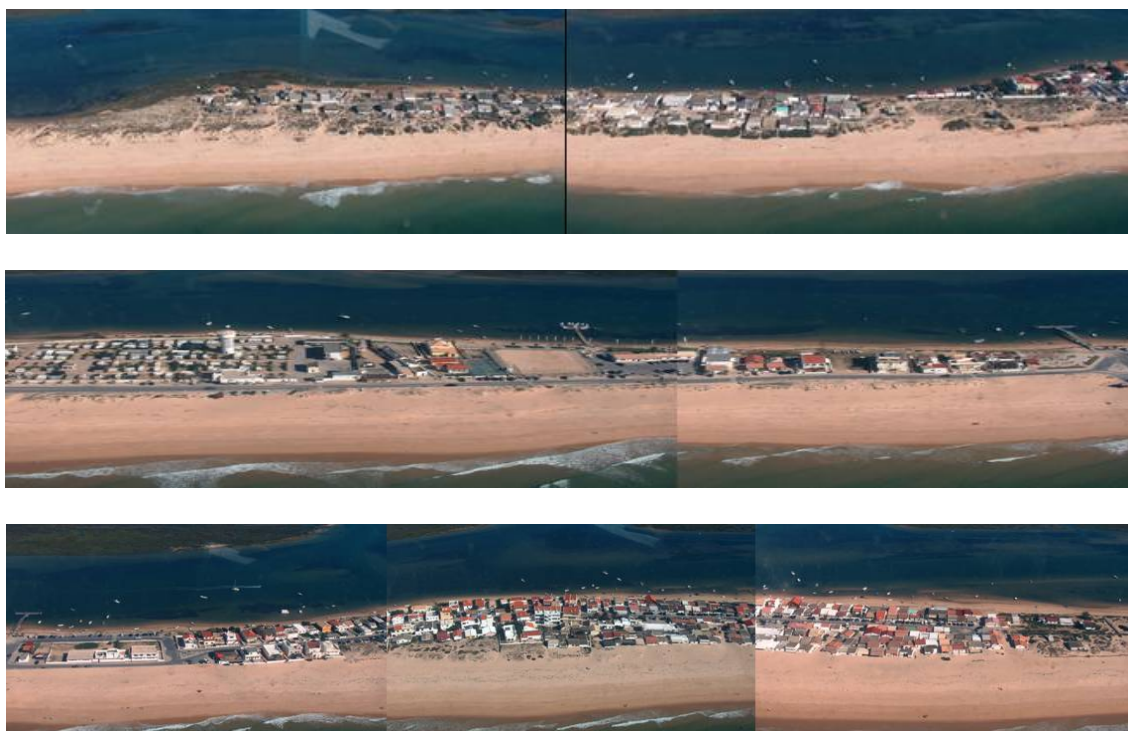


Figura 8 – Parte central da Península do Ancão – Praia de Faro, evidenciando a intensa ocupação sobre o cordão dunar (fotografias obtidas em Novembro de 2006, pelo autor).

A construção da ponte rodoviária (Fig. 9), na década de 50, que dá acesso à Praia de Faro, foi o primeiro factor decisivo e crucial para o caos urbanístico neste sector, facilitando a ocupação por casas, na sua maioria clandestinas e de segunda habitação, face ao crescimento abrupto do turismo no Algarve. Como se não bastasse, a

Câmara Municipal de Faro resolveu construir infra-estruturas neste sector, incentivando a ocupação da zona e proporcionando um agravamento do problema. Resta referir que o cordão dunar singular deste sector foi quase totalmente ocupado e destruído por edificações, impedindo a evolução natural do sistema, que é caracterizado por uma migração lenta do cordão arenoso em direcção ao continente. A restante parte do cordão dunar desapareceu devido à erosão. Como consequência, toda esta faixa costeira começou progressivamente a ser atacada com mais intensidade pelo mar provocando sérias ameaças às casas e por vezes danificando as mesmas (Dias *et al.*, 1997; Dias *et al.*, 2004).



Figura 9 – Ponte de acesso rodoviário à Praia de Faro (fotografia obtida em Novembro de 2006, pelo autor).

Tinham que ser tomadas medidas, face às ameaças existentes. Foi, então, construída uma pequena estrutura longilitoral na zona externa frente à ponte (Fig. 9), impedindo o recuo da linha de costa, mas somente nesta zona. Esta estrutura teve como

resultado um aumento da reflexibilidade da praia o que favoreceu a permeabilidade aos galgamentos e ainda fragilizou mais as zonas laterais (Andrade, 1990a). Foram, ainda, diligenciadas a aplicação de medidas correctivas, que passavam pela demolição de várias casas clandestinas, que foram prontamente contrariadas pelos donos e, até, pelo poder autárquico. Não foi possível, assim, concretizar as acções mínimas necessárias para uma ocupação racional da zona (Dias *et al.*, 1997). Como tal, viria a acontecer o que era presumível. Durante o Inverno de 1989/90, a Praia de Faro foi fustigada por temporais que provocaram graves danos nas urbanizações e infra-estruturas existentes. Os primeiros temporais, ocorridos em Novembro e Dezembro, provocaram galgamentos generalizados. Os danos foram elevados e o facto dos máximos de altura significativa das ondas terem ocorrido durante a baixa-mar, impediu que se sofressem ainda maiores prejuízos. Durante os meses de Janeiro e Fevereiro a ameaça prevaleceu, com a ocorrência de ondas de 5 a 6m de altura, provocando novos galgamentos e inundações de casas. O Inverno “desastroso” continuou, e, em Março, a altura significativa das ondas atingiu 3m que, segundo Pires (1985), é um valor relativamente comum no Inverno, no Algarve. No entanto a povoação sofreu vários danos, por se tratar de um período de marés vivas equinociais e devido à erosão e desgaste da praia que os temporais anteriores tinham induzido (Dias *et al.*, 1997). Segundo Ferreira *et al.* (1997) a Praia de Faro não é suficientemente robusta para suportar eventos energéticos extremos. Durante este período foram efectuadas obras de emergência na praia, nomeadamente uma operação de alimentação artificial em que, ironicamente, a zona dragada foi aquela para onde, durante anos a fio, a Câmara rejeitava as areias que se acumulavam na estrada longitudinal durante os Invernos. Foi ainda construída uma protecção frontal, utilizando cerca de 11000 toneladas de blocos, calhaus e sacos de pedras (Dias *et al.*, 1997), e as intervenções neste troço costeiro continuaram até aos dias de hoje.

Após esta abordagem histórica da Praia de Faro, pode-se constatar que este sector é particularmente problemático. Frequentemente é assolado por episódios erosivos e por galgamentos oceânicos associados a temporais, responsáveis pela destruição e danificação de casas e outras infra-estruturas. A existência destes problemas teve como consequência uma maior preocupação por parte das entidades competentes, já que se trata de um sector crítico, levando à realização de diversos estudos de investigação e de monitorização da Praia de Faro.

A Praia de Faro pode ser classificada como sendo uma praia de terraço em maré baixa (“low tide terrace”), segundo os modelos conceptuais de Masselink & Short (1993) e de Masselink & Hegge (1995). Em geral apresenta um comportamento do tipo reflectivo, mas com elevada diferença morfodinâmica ao longo do ciclo de maré (Ferreira *et al.*, 1997). Contudo, contrariamente ao mencionado por Masselink & Hegge (1995), nas características de praias de terraço em maré baixa, a Praia de Faro pode apresentar elevadas variações volumétricas e morfológicas em apenas um ciclo de maré (Martins *et al.*, 1997).

A média anual da altura da ondulação é de 0,9m (0,78m entre Abril e Setembro e 1,15m de Outubro a Março) e o período de pico 8,0s (7,1s no Verão e 9,5s no Inverno). A ondulação predominante é de W e SW - 68%, enquanto a ondulação de SE (Levante) corresponde a 25% das ocorrências (Instituto Hidrográfico, 1994). Os temporais mais violentos possuem, geralmente, rumos provenientes de SW (Pires, 1985; Costa, 1994), sendo nestas situações que ocorrem problemas de erosão acompanhados de galgamentos oceânicos (Andrade, 1990a; Martins *et al.*, 1996, 1997).

Os locais onde a ocupação é mais intensa são os que apresentam maior susceptibilidade a qualquer evento erosivo, por possuírem menor volume sedimentar

armazenado, apesar da Praia de Faro apresentar um comportamento morfodinâmico semelhante em toda a sua extensão (Martins *et al.*, 1997). Este facto deve-se, em parte, à construção de estruturas fixas e rígidas na parte superior dos perfis de praia, causando a truncatura do perfil (impedindo que se desenvolvam na totalidade) e um rebaixamento da cota dunar, não permitindo à praia desempenhar o seu papel natural face às tempestades. No sentido do perfil retomar o seu normal desenvolvimento, torna-se comum a danificação das estruturas edificadas devido às carências sedimentares. Acresce, ainda, que este sector é coincidente em muitos locais, com os pontos críticos de desenvolvimento natural do sistema (nomeadamente do contacto praia/duna), pelo que as áreas actualmente ocupadas estariam sempre sujeitas à ocorrência de galgamentos durante eventos extremos (Ferreira *et al.*, 1997).

No sentido de tornar possível uma avaliação da vulnerabilidade da Praia de Faro, Ferreira & Dias (1998) desenvolveram um índice que intenta ser uma ferramenta útil na gestão costeira “*in situ*”, que permite verificar problemas de erosão, em tempo real. Este índice torna possível o uso de factores morfológicos para caracterizar o comportamento instantâneo da praia.

A erosão afecta a parte frontal e traseira da Praia de Faro. Segundo levantamentos da Direcção Geral de Portos entre 1945 e 1964, a linha de baixa-mar recuou 34m, ou seja, cerca de 1,7m/ano (Weinholtz, 1978). Monteiro *et al.* (1984) referem que a velocidade de migração da Península do Ancão é de cerca de 2,5 vezes superior às das ilhas do centro do sistema e, conseqüentemente, das que mais problemas poderá levantar. Contudo, a edificação presente impossibilita que a península tenha o seu comportamento natural, de migrar para o interior, truncando o perfil de praia emersa (Dias *et al.*, 1997). Por outro lado, o aterro que conduz à ponte canalizou os fluxos de enchente e principalmente de vasante. A corrente na ponte é muito forte e impede a

acumulação de sedimentos na parte interna da Praia de Faro. A construção de muros de revestimento inibiram o recuo da linha de costa mas não impediram a ocorrência de galgamentos e destruição periódica dos muros. Devido a estas edificações, a Praia de Faro, praticamente não apresentou um recuo da linha de costa entre 1989 e 2001 (Ferreira *et al.*, 2006).

Trabalhos realizados por Martins *et al.* (1996, 1997) sobre a evolução da Praia de Faro em 1995/1996, baseados na realização sistemática de perfis de praia, demonstraram que todos os eventos erosivos foram responsáveis pelo recuo da berma “berm crest”, ou pela sua completa erosão, seguidos de períodos de acreção sedimentar. No entanto, estes trabalhos permitem concluir que a Praia de Faro possui uma boa capacidade de recuperação, após episódios de agitação com energia elevada, com a criação de novas bermas ou aumento das existentes. As quantidades sedimentares transferidas perpendicularmente à praia são muito elevadas e processadas a grande rapidez (Ciavola *et al.*, 1997, 1998, 1999), mas a recuperação sedimentar é quase imediata após eventos erosivos, observada em apenas um ciclo de maré (Martins *et al.*, 1997, Sá-Pires *et al.*, 2002).

A deriva litoral processa-se de W para E, devido à ondulação predominante de SW, mas não existe consenso entre autores acerca do volume transportado variando entre 6000m³/ano (Andrade, 1990a) e 300000m³/ano (Consulmar, 1989 *in* Bettencourt, 1994). Esta divergência resulta, em grande parte, da utilização de processos baseados em critérios diferentes. Enquanto uns determinam a capacidade de transporte longilitoral através do regime de agitação local (deriva litoral potencial), outros avaliam o transporte através da erosão provocada (deriva litoral efectiva).

Matias *et al.* (1997) e Duarte *et al.* (1999) pretenderam avaliar a vulnerabilidade de um conjunto de sistemas dunares, através da aplicação de uma lista de controlo que

envolve parâmetros variados. Aplicaram o método na Ria Formosa e ambos os estudos foram unânimes em identificar a Praia de Faro entre as zonas mais vulneráveis, por coincidirem com os locais de maior ocupação antrópica do cordão dunar.

A partir da década de 90, foram efectuadas algumas realimentações artificiais da praia, que envolveram dragagem e repulsão de areia para a praia. A recolocação da areia transportada para a estrada, em locais deficitários, tem sido a ser efectuada, assim como a colocação de paliçadas na tentativa de recuperar o cordão dunar. Houve também uma nova tentativa de reestruturação e reorganização do aglomerado urbano, tendo sido demolidas algumas edificações. A construção de novas casas está, actualmente, estritamente interdita e a zona urbana está bem delimitada. Porém, existem várias construções clandestinas que, pelo que tem sido repetidamente anunciado desde há vários anos, serão demolidas (Dias *et al.*, 2004).

Assim, o núcleo urbano da Praia de Faro, encontra-se em situação de alto risco, confinado a uma estreita faixa entre a laguna e o oceano. Em qualquer ano, pode acontecer uma situação dramática, com a destruição de várias casas ou, eventualmente, de prejuízos humanos. É um cenário provável, se acontecer ocorrer um temporal que coincida com maré viva cheia (Dias *et al.*, 2004). As probabilidades de uma catástrofe cada vez maior aumentam, de ano para ano, se considerarmos a elevação do NMM.

No sector Ancão E (Fig. 10), a duna está consideravelmente bem preservada (raramente é atingida pelo mar) e os perfis de praia mostram uma maior capacidade para reagir a eventos energéticos, excepto na margem da Barra do Ancão. O “stock” sedimentar é superior que na Praia de Faro e apresenta um equilíbrio dinâmico, em relação à ondulação predominante, mais confiado (Martins *et al.*, 1996). Ferreira *et al.* (1997) verificaram claramente uma vulnerabilidade superior do sector da Praia de Faro,

intensamente ocupado, que o sector oriental, de baixa ocupação. A baixa densidade populacional consiste sobretudo em pescadores que vivem sobretudo na margem da laguna e a parte oceânica encontra-se vegetada (Fig. 10). Entre 1989 e 2001 verificou-se uma acreção de sedimentos neste sector, tendo a linha de costa evoluído para Sul cerca de 0,6m/ano (Ferreira *et al.*, 2006).



Figura 10 – Parte oriental da Península do Ancão (fotografias obtidas em Novembro de 2006, pelo autor).

3.3. Barra do Ancão

O limite oriental da Península do Ancão termina com a Barra do Ancão (única no flanco W do sistema da Ria Formosa) (Fig. 11). Esta barra está localizada numa das áreas mais dinâmicas do sistema, mudando frequentemente de morfologia e posição, com uma tendência de migração para nascente, no sentido da deriva litoral, a uma velocidade média de 70m/ano e uma largura média de 260m, entre 1945 e 1996. (Vila-Concejo *et al.*, 2006). Segundo vários autores (Weinholtz, 1978; Dias, 1988; Pilkey *et al.*, 1989; Bettencourt, 1994) este fenómeno é cíclico. Para estes autores a barra forma-se e migra até a atingir uma posição limite onde começa a assorear, verificando-se a abertura de uma nova barra a ocidente. No entanto, segundo Andrade (1990a), não pode ser definido um ciclo, uma vez que a barra apresenta um comportamento de movimentos erráticos de abertura e fecho, em áreas preferenciais. Vila-Concejo *et al.* (2006) determinaram que no período compreendido entre 1945 e 1996, esta barra completou dois ciclos migratórios.



Figura 11 – Barra do Ancão (fotografia obtida em Novembro de 2006, pelo autor).

Em 1997, a antiga Barra do Ancão, estava no fim do seu ciclo de migração. Consequentemente, o seu estado de assoreamento era grande, conduzindo a uma contínua perda de eficácia, que não proporcionava a renovação de água no meio lagunar. No sentido de proteger os interesses nesta zona, tais como a aquacultura, procedeu-se à abertura artificial de uma nova barra (23 Junho de 1997), a cerca de 3,5Km a W da sua posição anterior e imediatamente a oriente das últimas casas da Praia de Faro, permitindo a esta migrar, novamente, no sentido nascente (Vila *et al.*, 1999; Dias *et al.*, 2003). A nova barra diminuiu bastante o comprimento da Península do Ancão e aumentou o da Ilha da Barreta. A forma e posição da nova barra não foi baseada em estudos aprofundados, mas no conhecimento empírico da situação (Dias *et al.*, 2003).

Normalmente ocorrem modificações rápidas na morfologia de uma barra depois de uma alteração desta natureza até ser atingido um equilíbrio (Barnard & Davis, 1999).

Como tal, a nova barra mostrou uma forte tendência para encontrar o equilíbrio, provocando alguns danos materiais no primeiro Inverno, após a sua abertura, no extremo oriental da península. Depois de experimentado este período de adaptação, o estado de evolução natural da barra foi atingido, passados dois anos (Dias *et al.*, 2003). Estudos recentes sobre a evolução e dinâmica da Barra do Ancão (Vila *et al.*, 1999; Vila-Concejo *et al.*, 2001, 2002, 2003, 2004a, 2004b, 2006), concluem que foi atingido o equilíbrio, com resultados indispensáveis para que de futuro sirvam como uma ferramenta útil para este tipo de intervenções, que foi das primeiras a nível mundial. Uma vez que a dinâmica deste tipo de sistemas era ainda pouco conhecida, especialmente na perspectiva da criação de modelos, foi iniciado em 1997 um projecto de três anos, que juntou oceanógrafos, geólogos, físicos, geógrafos e engenheiros de 21 institutos de modo a estudar e compreender os processos inerentes à dinâmica de barras (INDIA) e que confirmaram o sucesso desta intervenção (Williams *et al.*, 1999, 2003).

3.4. Ilha da Barreta

A Ilha da Barreta (também conhecida por Deserta) (Fig. 12) tem um comprimento de cerca de 8km (que varia consoante com a posição da Barra do Ancão) e largura entre 70 e 700m. Apresenta uma forma encurvada, onde se localiza o Cabo de Santa Maria, extremidade meridional de Portugal Continental. Existem poucos estudos publicados que focam esta ilha, uma vez que é uma zona menos acessível, com baixa ocupação antrópica e conseqüentemente menos problemática.



Figura 12 – Ilha da Barreta e barras que a limitam (adaptado de Google Earth 4.2, 2007)

A parte ocidental da ilha é estreita, de baixa elevação, com pouca vegetação e vulnerável a galgamentos. Apresenta uma morfodinâmica semelhante à Península do Ancão (Pilkey *et al.*, 1989; Bettencourt, 1994). Apresenta um único cordão dunar com cerca de 7m (acima do NMM) (Vila-Concejo *et al.*, 2006).

A complexidade deste sector aumenta de ocidente para oriente, onde a ilha já apresenta um campo dunar largo e bem vegetado. Existem dois pequenos aglomerados de casas para arrumos de pescadores e de apoio à praia, localizados na parte interna, junto à laguna e junto à Barra Faro-Olhão. O sector oriental apresenta vários sistemas complexos tais como terraços de galgamento (overwash terraces), cordões dunares, terraços lodosos (swale terraces) e deltas de maré (Pilkey *et al.*, 1989).

A metade oriental desta ilha é a única parte que apresenta um comportamento regressivo (Vila *et al.*, 1999), proporcionando o crescimento do cordão dunar frontal (Duarte *et al.*, 1999). Este comportamento verificou-se devido à construção dos molhes da barra artificial Faro-Olhão, em 1952, que interromperam a deriva litoral, provocando

uma acumulação arenosa junto ao molhe W (localizado no extremo oriental da ilha) (Dias, 1988). Em apenas 12 anos (1952-1964), a praia oceânica progrediu 220m para sul e mais 80m até 1980 (Bettencourt, 1985; Pilkey *et al.*, 1989). O ritmo de progressão diminuiu desde então, provavelmente porque se atingiu o equilíbrio entre a acumulação de areias e o molhe. No entanto, esta enorme acumulação de sedimentos evidencia claramente a actividade da deriva litoral e o volume, notável, de areia transportada de ocidente para oriente (Dias, 1988).

3.5. Barra Faro-Olhão

A Barra Faro-Olhão, que separa as ilhas da Barreta e Culatra, foi artificialmente aberta (por meio de dragagens) e estabilizada por molhes entre 1929 e 1955, num local onde existia já uma barra (Barra do Bispo) que era relativamente larga mas bastante instável (Esaguy, 1986a). O objectivo da abertura desta barra foi de assegurar a navegabilidade ao canal de acesso que conduz ao porto comercial de Faro, bem como às localidades de Faro e Olhão. Esta intervenção produziu efeitos importantes no comportamento hidrodinâmico da laguna, assim como na físiografia da Ria Formosa (Salles *et al.*, 2005; Vila-Concejo *et al.*, 2006), tais como o crescimento espectacular da Ilha da Barreta E e erosão na Ilha da Culatra W, perto do Farol. Este último caso deveu-se à refacção e difracção da ondulação no delta de vazante e nos molhes (Dias, 1988) e na interacção hidrodinâmica entre as várias barras do sistema (Salles *et al.*, 2005).

Com o tempo, esta barra, acabou por se transformar na principal do sistema em termos de trocas hídricas entre a laguna e o oceano retirando eficácia à Barra da Armona, devido ao crescimento da secção de escoamento. As correntes através da barra são muito intensas, especialmente o fluxo de vazante em marés vivas (Lima & Vale, 1980) e o canal da barra, projectado para manter fundos entre 4 a 4,5m, abaixo do zero

hidrográfico (Weinholtz, 1978; Dias, 1997), foi progressivamente ficando mais fundo até atingir profundidades na ordem dos 40m, em 2001. Consequentemente, surgiram problemas de segurança no que respeita à navegação devido a graves danos nos troços terminais dos molhes em conjunto com a estreita entrada da barra e a acção das ondas e correntes, tendo a autoridade portuária que pedir estudos necessários que levassem à sua resolução. Para tal desenvolveram-se modelos matemáticos que contribuíram para a compreensão dos processos hidrodinâmicos envolvidos (Silva *et al.*, 2002) e que mostram ser úteis no que toca à gestão desta zona. Porém, há que atender no risco da precisão dos modelos matemáticos em sistemas dinâmicos como este.

A abertura desta barra e a construção dos molhes veio alterar a circulação hídrica, assim como os balanços sedimentares nesta zona do sistema. Segundo Salles (2001), a Barra Faro-Olhão é grande responsável pela importação de sedimentos para o sistema lagunar. A entrada de $140000\text{m}^3/\text{ano}$ de sedimentos (Pilkey *et al.*, 1989), poderá estar relacionada com as intensas dragagens efectuadas no canal de navegação, no interior do sistema. Para atingir um equilíbrio sustentável neste sistema recomenda-se que as dragagens sejam apenas efectuadas de modo a manter as condições de navegabilidade no canal (Pacheco *et al.*, 2003).

3.6. Ilha da Culatra

A Ilha da Culatra (Fig. 13) tem aproximadamente 7km de comprimento e uma orientação SW-NE. A praia é classificada como praia de terraço em maré baixa do tipo reflectivo (“reflective with low tide terrace”), segundo os modelos conceptuais de Masselink & Short (1993) e de Masselink & Hegge (1995) e apresenta uma baixa a moderada energia associada às ondas (Garcia *et al.*, 2002).



Figura 13 – Ilha da Culatra, evidenciando-se também a Barra Faro-Olhão e as povoações do Farol, Hangares e Culatra (fotografia obtida em Novembro de 2006, pelo autor).

A evolução recente da Ilha da Culatra e das barras que a limitam, foi alvo de estudo de diversos autores, Granja (1984), Esaguy (1984, 1986a), Dias (1988), Pilkey *et al.* (1989), Andrade (1990a), Garcia *et al.* (2002) e Vila-Concejo *et al.* (2002). Mais uma vez não existe consenso sobre o volume sedimentar associado à deriva litoral, que varia entre $90000\text{m}^3/\text{ano}$ (Andrade, 1990a) e $250000\text{m}^3/\text{ano}$ (Granja, 1984). No entanto, é consensual que a conclusão dos molhes da Barra Faro-Olhão, foram responsáveis por profunda alteração da hidrodinâmica do sistema e alterações significativas na Ilha da Culatra (Garcia *et al.*, 2003). As principais consequências foram o crescimento muito rápido, para oriente, da ilha e um aumento do recuo da costa na zona ocidental (Garcia *et al.*, 2002).

Entre 1958 e 1976, a ilha viveu o período de maior erosão, que se foi expandindo para oriente. Consequentemente, verificou-se a perda do cordão dunar frontal em certas zonas, especialmente no sector ocidental. No entanto, no período entre 1985 e 1996 o recuo da linha de costa em toda a ilha foi baixo, permitindo a colonização da berma por vegetação pioneira, com o auxílio de paliçadas, que ajudou a formação de

dunas. No último período analisado por Garcia *et al.* (2002) entre 1996 e 2001, não se verificaram alterações significativas na evolução da linha de costa. Apenas o sector ocidental registou um recuo da linha de costa, localizado, de 4,1m/ano, devido a galgamentos, fora da povoação do Farol. Nos sectores central e oriental as variações foram pequenas.

A Ilha da Culatra tem um alto índice de ocupação humana, concentrada em alguns pontos. A pressão antrópica deve-se sobretudo às três povoações existentes (Farol, Hangares e Culatra), que só podem ser atingidas por barco. A povoação da Culatra (Fig. 14) tem uma população permanente de 612 pessoas, de acordo com estatísticas de 2000 (Tomás & Martins, 2000 *in* Bernardo *et al.*, 2002), mais ligada á pesca, enquanto que no Farol e Hangares (Fig. 14) se verifica uma ocupação mais sazonal relacionada com a época balnear (Bernardo *et al.*, 2002; Bernardo & Dias, 2003).



Figura 14 – Vista sobre a povoação de Hangares (à esquerda) e da Culatra (à direita) (fotografias obtidas em Novembro de 2006, pelo autor).

De acordo com as características morfodinâmicas, a ilha pode ser dividida em três sectores, segundo Garcia *et al.* (2002): ocidental, central e oriental.

A parte ocidental da ilha tem uma forma parcialmente artificial devido aos molhes da Barra Faro-Olhão e a um enrocamento longitudinal construído para protecção

das edificações e estabilização da linha de costa, que impede o seu recuo, assim como um esporão no limite oriental da povoação do Farol. Neste sector a ilha é relativamente estreita, com uma duna de declive elevado, paralela à linha de costa, evidenciando a carência de sedimentos (Garcia *et al.*, 2002). É, pois, uma zona sujeita a forte erosão com a agravante de se encontrar intensamente ocupada.

A antiga barra encontrava-se no sector central da ilha, e era a principal barra do sistema (Barra da Armona). A margem ocidental da barra estava junto à povoação da Culatra, onde foi construída a casa de apoio do ISN (Instituto Socorro a Náufragos), que actualmente se encontra no meio da ilha. A morfologia do sector central reflecte a alternância entre cordões dunares e canais de maré, ao longo dos anos. A ocupação neste sector apenas ocorre na margem lagunar da ilha – as povoações de Hangares e da Culatra. Em 1987, o PNRF procedeu a realimentações de areia, que permitiram a posterior formação de dunas, não impedindo, no entanto, a ocorrência de galgamentos (Garcia *et al.*, 2002).

O sector oriental da ilha, bastante recente, é despovoado. Apresenta uma forma bastante recortada na parte lagunar, constituída por restingas encurvadas separadas por canais de maré activos. É comum existirem alagamentos oceânicos extensivos durante marés vivas e eventos tempestivos. Possui um corpo dunar pouco desenvolvido e uma susceptibilidade alta a galgamentos (Andrade *et al.*, 1998; Garcia *et al.*, 2002; Vila-Concejo *et al.*, 2006). É neste sector que ocorre a expansão da ilha para oriente, tendo-se verificado um alto ritmo de crescimento da ilha, sobretudo entre 1958 e 1976 que registou uma média de 62m/ano, quase o dobro do período entre 1945 e 1958. A partir dessa altura a taxa de crescimento da ilha tem diminuído. Contudo, um aceleração nos últimos tempos (1996-2001) voltou a registar-se, tendo-se observado valores médios de 43m/ano (Garcia *et al.*, 2002). Todo este comportamento está provavelmente

relacionado com a Barra Faro-Olhão e com a grande modificação da hidrodinâmica do sistema.

3.7. Barra da Armona

A Barra da Armona, que separa as ilhas da Culatra e da Armona, é considerada a única barra estável do sistema, em termos de localização (Pilkey *et al.*, 1989) e a que apresenta o delta de vazante mais desenvolvido (Dias *et al.*, 1997). Devido à sua grande largura, esta barra apresenta uma morfologia complexa, e frequentemente ostenta dois canais (Vila-Concejo *et al.*, 2006), que possuem semelhante importância hidrodinâmica (Vila-Concejo *et al.*, 2002). No entanto, com a expansão da ilha da Culatra para oriente, esta barra tem ficado progressivamente mais estreita, pelo que actualmente ostenta apenas um canal. Entre 1873 e 1983 a Barra da Armona estreitou aproximadamente 2500m, passando de uma largura de 4300m para 1850m (Esaguy, 1984; Dias *et al.*, 1997), sendo que a maior taxa de estreitamento, entre 1950 e 1977, provavelmente se tenha relacionado com a estabilização da Barra Faro-Olhão (Vila-Concejo *et al.*, 2002). Tendo sido a principal barra do sistema, antes da estabilização da Barra Faro-Olhão, esta barra tem vindo a perder eficiência desde então. Com o espectacular crescimento da Ilha da Culatra para oriente nas últimas décadas, a Barra da Armona, sendo estável, sofreu um enorme estreitamento. Actualmente esta barra apresenta uma largura de cerca de 600m, ou seja, muito estreita, relativamente às dimensões que anteriormente atingiu.

3.8. Ilha da Armona

A Ilha da Armona (Fig.15) tem um comprimento aproximado de 9km e uma largura máxima de cerca de 1400m na extremidade SW. Dispõe-se segundo uma orientação SW-NE. É a única ilha do sistema que apresenta uma forma característica em

“coxa de galinha” (drumstick) (Pilkey *et al.*, 1989), típica de ilhas em que os processos ligados às marés predominam sobre os ligados à ondulação (Hayes, 1979). A parte ocidental apresenta um longo cordão dunar frontal de 8 a 9m. A parte oriental foi formada a partir dos anos 30, devido à rápida migração da barra da Fuzeta no sentido nascente (Pilkey *et al.*, 1989) e apresenta um cordão dunar pouco desenvolvido e bastante ocupado com elevada susceptibilidade a galgamentos (Andrade *et al.*, 1998).



Figura 15 - Ilha da Armonia e barras que a limitam (adaptado de Google Earth 4.2, 2007).

Esta ilha foi, juntamente com a Ilha da Culatra, das primeiras, neste sistema, a apresentar uma povoação permanente, nos finais do século XIX (Bernardo *et al.*, 2002). Tal ocupação esteve relacionada com as actividades de pesca, nomeadamente ligada às armações de sardinha que existiam nesta área (Costa, 2000). Na zona mais larga, a ocidente da ilha, encontra-se a povoação da Armonia. Progressivamente a ilha vai estreitando para oriente, onde se encontra um núcleo de casas construídas em frente à Fuzeta. Nesta zona o cordão dunar é muito estreito, com evidentes cicatrizes de galgamentos oceânicos, e intensamente ocupado por habitações. Era nesta zona que se

localizava a antiga Barra da Fuzeta. Entre estas duas povoações o cordão dunar é robusto e bem vegetado. Dias *et al.* (2004) referem que nas últimas décadas, à semelhança do que aconteceu na Praia de Faro e no Farol, a ocupação tem revelado tendência para se intensificar nestas povoações, localizando-se em zonas frágeis e de grande risco. Esta realidade apresenta uma ocupação de carácter sazonal, relacionada com o turismo e com a época balnear (Bernardo *et al.*, 2003). Ramos e Dias (2000) indicam a povoação localizada em frente à Fuzeta, como um dos casos mais críticos do sistema, por apresentar uma elevada vulnerabilidade ao galgamento, apesar das intervenções de realimentação efectuadas. O elevado número de habitações existentes (sobretudo clandestinas) edificadas sobre o cordão dunar frontal, são o principal problema.

Nas últimas quatro décadas até 1985, Bettencourt (1985) registou um crescimento da Ilha da Armona de cerca de 3km para NE e de 450m para SW. No extremo SW o recuo da linha de costa, neste período de tempo, foi de 80 a 100m (Dias *et al.*, 1997). A deposição de sedimento a ocidente é um fenómeno único em todo o sistema da Ria Formosa (Pilkey *et al.*, 1989) e contribui para o estreitamento da Barra da Armona.

3.9. Barra da Fuzeta

A Barra da Fuzeta separa as ilhas da Armona e de Tavira e apresenta um ciclo de migração para oriente (Weinholtz, 1964). É uma barra extremamente dinâmica, de evolução muito rápida (Dias *et al.*, 1997). Nos últimos 15 anos a largura média foi de 350m, mas apresentou grandes variações na extensão durante os ciclos de migração (Vila-Concejo *et al.*, 2004b), e actualmente tem cerca de 250m. Entre 1945 e 1996, esta barra, registou uma taxa de migração média de cerca de 65m/ano, ostentando por vezes

dois canais (Vila-Concejo *et al.*, 2006). Não são conhecidos valores exactos da extensão ou duração do ciclo de migração, contudo, de acordo com Vila-Concejo *et al.* (2002) o ciclo completo dura pelo menos 50 anos e a barra migra mais de 3500m. Esta migração pode ser progressiva ou efectuar-se por forma de “saltos” bruscos (Dias *et al.*, 1997).

Nas proximidades da barra, as dunas são frequentemente galgadas pela agitação marítima, por serem pouco desenvolvidas, quer na Ilha da Armona quer na Ilha de Tavira.

À semelhança do que foi efectuado com a Barra do Ancão, procedeu-se a uma nova abertura da Barra da Fuzeta, em Julho de 1999. Esta abertura foi efectuada a cerca de 800m a ocidente da sua posição em 1996. Parte do sedimento dragado na abertura foi utilizado para fechar a antiga Barra da Fuzeta, artificialmente. No entanto, esta intervenção não obteve tanto sucesso, devido à sinuosidade do canal que ocorreu após a abertura da barra. Quando a Barra da Fuzeta iniciou o processo de migração em Dezembro de 1999, o canal não estava bem definido. De acordo com os resultados de Vila-Concejo *et al.* (2004b), o canal atingiu o equilíbrio dinâmico em Julho de 2000 e as variações verificadas posteriormente foram menos significativas. Ainda assim, até Abril de 2001 a migração da barra efectuou-se muito rapidamente, atingindo valores máximos na ordem dos 0,5m/dia entre Dezembro de 1999 e Fevereiro 2000. Os eventos energéticos, principalmente oriundos de SE, induziram estas elevadas taxas de migração (Vila-Concejo *et al.*, 2004b).

3.10. Ilha de Tavira

A Ilha de Tavira (Fig.16) é a maior do sistema, com um comprimento aproximado de 11km e uma largura máxima de cerca de 800m na parte central. Apresenta uma forma alongada e uma orientação SW-NE. Esta ilha estreita

progressivamente para SW, existindo na sua extremidade sinais de forte erosão e de frequentes galgamentos. Com efeito, de acordo com Dias (1988), entre 1951 e 1988, a parte SW da ilha apresentou uma taxa média de recuo da linha de costa de 0,35m/ano. No entanto, o campo dunar é, na generalidade, moderadamente largo e elevado, constituído por vários cordões dunares e abrange uma área considerável da ilha. A Ilha de Tavira (exceptuando a extremidade SW) é considerada uma das mais “estáveis” do sistema da Ria Formosa, não existindo indícios, durante os últimos séculos, de processos destrutivos/construtivos relacionados com a migração de barras. Apresenta, porém, alguns cortes eólicos junto às zonas de maior ocupação, devido ao pisoteio e na parte central da ilha, na zona envolvente ao Arraial do Barril, verificou-se um recuo da linha de costa, entre 1976 e 2001, de 0,2m/ano (mínimo) a 1,3m/ano (máximo) (Garcia *et al.*, 2005).



Figura 16 - Ilha de Tavira e barras que a limitam (adaptado de Google Earth 4.2, 2007).

A extremidade oriental da ilha foi estabilizada artificialmente com a construção dos molhes da barra artificial de Tavira, o que levou à agregação de sedimentos, a

ocidente da barra, numa extensão de cerca de 1km. A parte mais vulnerável da zona NE é a chamada Terra Estreita, que dista da Barra de Tavira uns 2,4km, onde o Canal de Tavira forma um meandro, de origem artificial, que corta os sapais e demais depósitos lagunares. Aqui, a ilha têm apenas cerca de 150 a 200m de largura, onde um recuo da linha de costa a médio prazo poderá viabilizar a ocorrência de galgamentos oceânicos extensivos.

A Ilha de Tavira, apresenta duas zonas de ocupação: o Arraial do Barril (apoios de praia) e a chamada Praia de Tavira (situada em frente a Tavira), onde se situam estruturas de apoio com alguma envergadura, como o parque de campismo.

O Arraial do Barril trata-se de uma zona que foi reconvertida para o turismo, sendo anteriormente uma antiga campanha de pesca do atum (Matias *et al.*, 1997). As infra-estruturas de apoio à pesca foram reconvertidas para apoio ao turismo e, actualmente, apesar dos impactes antrópicos serem elevados, são concentrados e limitados. As infra-estruturas turísticas mais pesadas (hotéis, restaurantes, etc.) ficam localizadas na zona continental. Segundo Dias *et al.* (2004), a ocupação na zona do Arraial do Barril pode ser apontada como um bom exemplo de exploração turística, de forma sustentável sem induzir impactes negativos generalizados no sistema. A existência de uma ponte pedonal (que evita os veículos motorizados de acederem facilmente à ilha) (Fig. 17) e um pequeno comboio que propícia deslocação fácil ao local, veio possibilitar a concentração dos impactes induzidos pelos visitantes a esta estreita faixa, aliviando as restantes áreas do pisoteio e de outras actividades nocivas. Aliado a este procedimento, desenvolveram-se outros complementos sensibilizadores tais como cartazes em que se expressam as actividades que o visitante pode desenvolver na zona. Contudo, nesta zona, o cordão dunar frontal é alvo de erosão costeira e, até, de pequenos galgamentos oceânicos. Detectam-se alguns cortes eólicos e um pisoteio

moderado, apesar dos cartazes a indicar que é proibido ir para as dunas. Foi efectuada uma previsão da localização da linha de costa em 2050, com base num método desenvolvido por Ferreira *et al.* (2006) tendo em consideração uma aceleração da subida do NMM e a ocorrência de um temporal excepcional, tendo-se concluído que será de esperar um recuo da ordem dos 70 metros, ou seja, atingindo as edificações aí existentes.



Figura 17 – Ponte pedonal de acesso ao Arraial do Barril – Ilha de Tavira (fotografia obtida em Novembro de 2006, pelo autor).

Segundo Sá-Pires *et al.* (2001), nas intervenções efectuadas ao abrigo do programa de "requalificação do sistema lagunar da Ria Formosa", foram dragados e repulsados cerca de 237410 m³ de sedimentos para a parte ocidental da ilha, ou seja, para a zona a poente do Arraial do Barril. Estes sedimentos foram depositados numa zona específica, na frente dunar da ilha, entre Setembro e Novembro de 1999, alterando significativamente a morfologia do sistema praia/duna. Apesar da robustez evidenciada pela realimentação, não ocorreu naturalização significativa porque a base do aterro e a

praia foram fortemente erodidas durante temporal de Abril de 2000. Os sedimentos eram finos e uma grande quantidade foi repulsada directamente no mar.

3.11. Barra de Tavira

A Barra de Tavira separa as ilhas de Tavira e de Cabanas e é artificial. Tem uma largura constante de 60m, por ser estabilizada (Vila-Concejo *et al.*, 2006). Foi aberta artificialmente em 1927, através da Ilha de Tavira, quase em frente à foz do Rio Gilão. A barra que anteriormente definia o limite oriental da Ilha de Tavira acabou por fechar em 1930, depois da barra artificial ser aberta e encontrava-se a oriente desta. Não existem indícios que permitam concluir que a barra antiga, nos últimos séculos, se tenha localizado a ocidente da actual barra artificial. Naturalmente, esta barra teria tendência para migrar para oriente até uma posição a nascente de Cacela, sendo, pois, a barra mais a oriente do sistema. Os dados disponíveis sugerem uma velocidade de migração da antiga barra de cerca de 40m/ano (Weinholtz, 1978). No entanto, a barra artificial teve que ser sujeita a várias operações de dragagem entre 1930 e 1935 e estabilizada por dois esporões em 1936, devido ao seu constante assoreamento (Esaguy, 1987). Um ciclone ocorrido em 1941 abriu uma nova barra a cerca de 1100m a oriente da barra artificial de Tavira – Barra do Cochicho-Almargem (Dias, 1988), a qual rapidamente alargou e começou a migrar para oriente (Dias *et al.*, 1997). A existência desta nova barra levou ao aumento do assoreamento da Barra de Tavira que teve que ser reaberta em 1961, face às dificuldades de navegação. Entre 1977 e 1983 foram ainda efectuadas obras de dragagem e de estabilização da barra, no sentido de diminuir o assoreamento (Esaguy, 1987). Algumas obras de melhoramento foram efectuadas posteriormente, nomeadamente dragagens e fortalecimento de diques (Dias *et al.*, 1997).

Segundo Vila-Concejo *et al.* (2002) é irrealista assumir que a abertura e estabilização da Barra de Tavira num sistema onde existem várias barras dinâmicas não produziu quaisquer consequências nas barras vizinhas. No entanto, é importante referir que a eficiência hidrodinâmica da Barra de Tavira é muito pequena, representando apenas cerca de 4% do prisma tidal total do sistema (Andrade, 1990a).

3.12. Ilha de Cabanas

A Ilha de Cabanas (Fig.18) é a ilha mais oriental da Ria Formosa e encontra-se separada da Ilha de Tavira pela barra artificial de Tavira e da Península de Cacela pela Barra do Lacém. É a ilha mais pequena do sistema com um comprimento de cerca de 6km e uma largura máxima de 300m. O cordão dunar é relativamente recente, frágil e o mais pequeno de todo o sistema de ilhas-barreira. Segundo Dias *et al.* (2003) A duna eleva-se apenas a uma altura média de 2,5m acima do NMM.

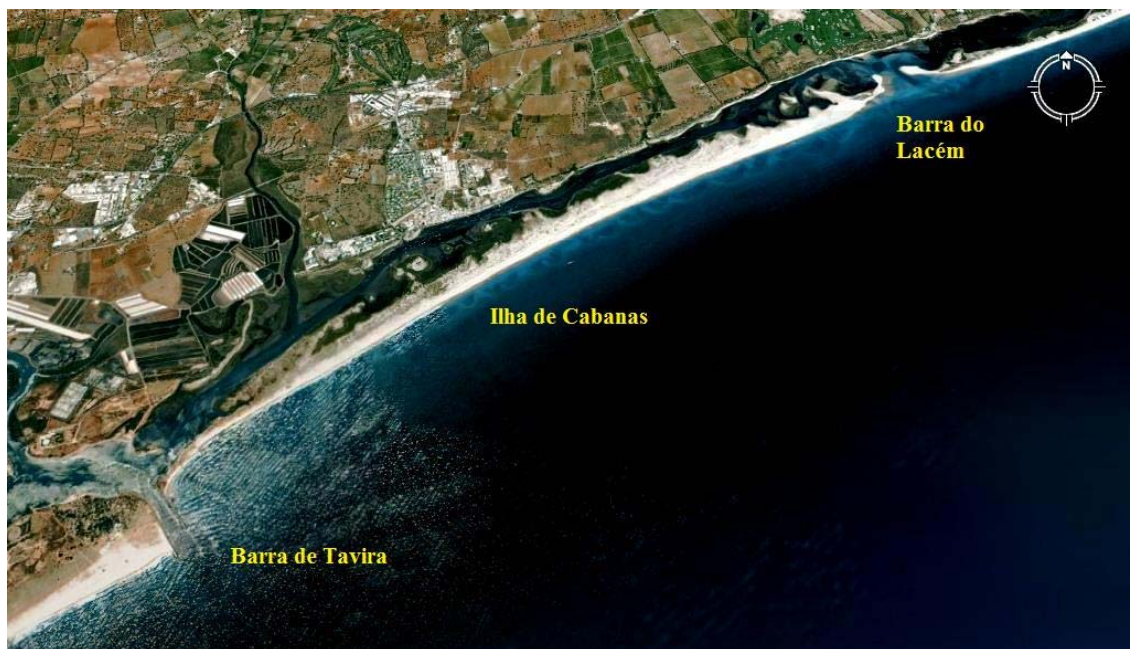


Figura 18 - Ilha de Cabanas e barras que a limitam (adaptado de Google Earth 4.2, 2007).

Dias *et al.* (1997) explicam que, na realidade, a Ilha de Cabanas constitui o prolongamento para NE da Ilha de Tavira e que actualmente se encontra separada devido à estabilização da Barra de Tavira. Esta ilha foi completamente destruída durante os temporais de 1941 e o violento temporal de 1961, que provocou galgamentos oceânicos extensivos que romperam o cordão dunar, formando uma nova barra – Barra de Cabanas, para além da Barra do Cochicho-Almargem, que juntas formavam uma abertura única de cerca de 2,5km de extensão, a partir da meia maré (Matias, 2000). A ilha foi-se reconstruindo e em 1972, tinha cerca de 1000m de comprimento (Vila-Concejo *et al.*, 2006). Segundo a interpretação que Matias (2000) faz dos valores apontados por Andrade (1990a), a extremidade da Ilha de Cabanas progrediu para oriente a uma média de 250m/ano, entre 1976 e 1984. O conseqüente estreitamento da abertura que a separava da Península de Cacela permitiu a aglutinação das barras de Cabanas e Cochicho-Almargem, em 1985, formando a barra que actualmente se designa por Barra do Lacém ou de Cacela.

É uma ilha extremamente dinâmica e facilmente sujeita a galgamentos oceânicos (Andrade *et al.*, 1998; Salles, 2001). Segundo Ramos & Dias (2000), a Ilha de Cabanas é uma das zonas mais críticas do sistema em relação a susceptibilidade a galgamentos, sobretudo junto aos apoios de praia aí existentes. Um estudo efectuado por Sá-Pires *et al.* (2002), que compara os limites do sistema, mostra que a Ilha de Cabanas tem uma menor capacidade de recuperação, após um evento energético, do que a Península do Ancão, por as praias viradas a SW (Península do Ancão) serem mais reflexivas e “wave dominated” que as viradas a SE (Ilha de Cabanas) que são mistas “wave and tide dominated” e menos reflexivas. De facto, segundo o mesmo autor, a parte oriental do sistema é, em geral, menos energética e menos exposta à ondulação dominante de SW, pelo que as modificações ocorrem mais lentamente que na parte ocidental.

O acesso directo à ilha não é possível por automóvel, estando restrito apenas a pequenas embarcações que atravessam o canal que separa a ilha do continente. Em alturas precedentes às dragagens era possível atravessar o canal a pé durante a maré vazia (Dias *et al.*, 2003).

A Ilha de Cabanas foi a primeira zona a ser intervencionada ao abrigo do programa "Requalificação do sistema lagunar da Ria Formosa", desde Abril até Junho de 1999. Nesta intervenção os dragados foram depositados quer a poente, quer a nascente, dos apoios de praia, cobrindo a parte central e oriental da ilha. Estes aterros correspondem ao total do volume dragado no canal de Cabanas, cerca de 672559m³, aproximadamente 17% do volume total dragado no sistema. Não existem estimativas da quantidade de sedimentos perdidos para o mar, no entanto, na Ilha de Cabanas, os dragados eram mais grosseiros que os usados na realimentação efectuada na Ilha de Tavira, ajudando à naturalização dos aterros efectuados (Sá-Pires *et al.*, 2001). Além desta intervenção, foi construído um pequeno esporão a oriente da Barra de Tavira, uma vez que a há forte erosão nesta zona.

Na Ilha de Cabanas, as intervenções parecem ter sido determinantes na protecção da praia, uma vez que, apesar da agitação marítima mais energética típica do Inverno, e designadamente de um forte temporal verificado em Abril, não se registaram galgamentos ou erosão do cordão dunar nos locais intervencionados, mostrando, assim, capacidade de protecção contra tempestades e um obstáculo ao ataque das ondas. Acresce que os locais intervencionados apresentam alguma colonização por vegetação pioneira (Sá-Pires *et al.*, 2001; Dias *et al.*, 2003). No entanto, uma vez que a realimentação foi restrita a algumas áreas e o cordão dunar ao longo da ilha é baixo, tal não impede que num futuro próximo ocorram galgamentos ao longo desta ilha.

As variações de volumes perdidos ou ganhos foram maiores nos locais intervencionados do que nos locais não intervencionados (Sá-Pires *et al.*, 2001). Esta diferença pode estar associada a processos de naturalização do material deposto, como a perda de sedimentos finos e o desenvolvimento de um perfil morfológico natural do local. Segundo Dean (1988) e Mangor (1998), as areias resultantes de realimentações artificiais representam uma perturbação na linha de costa que, com o tempo, tende a desaparecer.

3.13. Barra do Lacém

A Barra do Lacém (ou Barra de Cacela) corresponde à barra natural do limite oriental da Ilha de Tavira, se esta não fosse interrompida pela barra artificial de Tavira. Vários autores documentaram a evolução desta barra (Weinholtz, 1964; Esaguy, 1986b; Dias, 1988; Pilkey *et al.*, 1989; Andrade, 1990a; Bettencourt, 1994; Matias, 2000; Vila-Concejo *et al.*, 2002). Separa a Ilha de Cabanas e a Península de Cacela e deriva da aglutinação das Barras do Cochicho-Almargem (aberta pelo ciclone de 1941) e de Cabanas (aberta pela tempestade de 1961) (Esaguy, 1986b; Dias *et al.*, 1997, Matias, 2000). Foi em 1985 que se verificou a finalização do processo de aglutinação destas barras, ou seja, o canal de ponte (Barra de Cabanas) acabou por desaparecer, devido ao facto da extremidade Leste da Ilha de Cabanas se ter ligado à parte ocidental do delta de enchente da barra (Matias, 2000). Devido a este e outros factores tais como a eficácia hidráulica da Barra de Tavira, a migração transversal da Península de Cacela, a degradação extensiva dos corpos dunares da Península de Cacela e o assoreamento do meio lagunar a oriente da Barra de Tavira, o sistema correu o risco de redução da área. Estes factores quase permitiram que a extremidade nascente da Ilha de Cabanas se

ligasse a terra com o conseqüente isolamento do meio lagunar a oriente, isto é, da zona de Cacela, diminuindo o comprimento global do sistema.

A migração no sentido nascente da barra controla os processos de acreção da Ilha de Cabanas (acreção a oriente) e erosão da Península de Cacela (diminuição do comprimento da península). Apresenta o maior ciclo de migração em termos de comprimento e a segunda maior abertura (depois da Barra da Armona) do sistema da Ria Formosa (Vila-Concejo *et al.*, 2006). A velocidade de migração tem variado ao longo do tempo (Matias *et al.*, 2000), a uma média de 97m/ano, com um máximo de 204m/ano entre 1950 e 1962 (Vila-Concejo *et al.*, 2002) e um mínimo de cerca de 2m/ano durante o período 1985/89 (Matias *et al.*, 2000). As altas velocidades de migração podem estar relacionadas com a ocorrência de eventos energéticos mais fortes, onde ocorrem alterações sedimentares e morfológicas mais rapidamente (Matias *et al.*, 2000).

Vila-Concejo *et al.* (2002) referem que a susceptibilidade aos galgamentos oceânicos nas margens da Barra do Lacém é alta. Assim, a energia necessária para provocar erosão nas zonas adjacentes à barra é menor quando comparadas com outras barras naturais do sistema.

Mais recentemente, em 2004, foi aberta uma nova barra natural, localizada a oriente da antiga Barra do Lacém, nas proximidades onde existiu a Barra da Fábrica (ver secção 3.14. Península de Cacela), evoluindo naturalmente. Esta nova barra conduziu ao assoreamento da antiga Barra do Lacém com o seu conseqüente encerramento, dando, portanto, um “pulo” para oriente.

3.14. Península de Cacela

A Península de Cacela (Fig.19) localiza-se no extremo oriental da Ria Formosa, numa orientação SW-NE e por isso directamente exposta às condições de “levante”, tal como as restantes ilhas-barreira com esta orientação (Matias *et al.*, 2004). A deriva litoral, de W para E, é estimada em $100000\text{m}^3/\text{ano}$ de acordo com Andrade (1990a) ou entre 120000 e $150000\text{m}^3/\text{ano}$ de acordo com Bettencourt (1994). Tem cerca de 3km de comprimento e entre 100 a 250m de largura, todavia, encontra-se sujeita a erosão acelerada devido à migração da Barra do Lacém. Detalhes sobre a evolução da Península de Cacela poderão ser encontrados nos trabalhos de Matias (2000) e Matias *et al.* (2000).



Figura 19 – Península de Cacela e barra que a limita a ocidente (adaptado de Google Earth 4.2, 2007).

Esta península apresenta algumas semelhanças com a Península do Ancão, por ser constituída apenas por um único cordão dunar, frequentemente assolado por galgamentos oceânicos. Um estudo efectuado por Mendes *et al.* (1999) refere que as areias que constituem a Praia de Faro são genericamente de diâmetro superior às da

Península de Cacela o que poderá estar associado aos níveis energéticos da agitação incidente, mais elevados na Praia de Faro.

Em 1976, a altura média do cordão dunar, robusto e vegetado, era de 3,4m acima do NMM, atingindo um máximo de 6,1m (Esaguy, 1986c). Após o início da década de 70 verificou-se intensificação da utilização balnear da zona, com correspondente pisoteio das dunas, o que conduziu a uma cada vez maior degradação dos corpos dunares, e grande aumento da frequência de galgamentos (Dias *et al.*, 2004). Nos anos 90, a península encontrava-se já bastante vulnerável, com várias zonas de galgamento e um único cordão dunar muito pequeno e fracamente vegetado. A duna virada à frente oceânica apresentava um declive quase contínuo, denunciando um recuo de costa (Dias *et al.*, 2003). Em 1990, Andrade (1990b) classificou a Península de Cacela com um máximo de susceptibilidade aos galgamentos oceânicos, os quais, poderiam levar à completa transgressão do cordão dunar por quase toda a península. De facto, durante o Inverno de 1995/1996, ocorreram galgamentos generalizados em quase toda a península, que conduziram à abertura de uma nova barra no centro da península, sensivelmente em frente à povoação da Fábrica (Barra da Fábrica), a qual, em Outubro de 1996, chegou a ter cerca de 35m de largura e profundidade de 0,7m abaixo do NMM (Matias *et al.*, 2004). Caso não se efectuasse qualquer intervenção, era de prever que as dunas remanescentes desaparecem por completo em 2004 (Matias *et al.*, 1998b). O desenvolvimento de um delta de enchente associado à barra afectou as culturas de amêijoas e de ostras da zona e as consequências de um temporal numa maré-cheia poderiam implicar que as ondas atravessassem a barra rebentando directamente frente à povoação de Fábrica. Assim, no sentido de proteger a povoação e de manter a produção de bivalves (actividade económica mais importante da zona), foram efectuadas grandes intervenções pelo PNR/ICN, de Outubro de 1996 a Fevereiro de 1997 nomeadamente

a “reconstituição” da Península de Cacela com sedimentos provenientes da dragagem do canal lagunar, que serviram para colmatar a Barra da Fábrica, e a dragagem da Barra do Lacém (Matias *et al.*, 2005). Foram dragados 480000m³ de sedimento do canal de Cacela e movimentados para o cordão arenoso. Contudo cerca de 32% do sedimento perdeu-se (Matias *et al.*, 1999). O objectivo era elevar a cota do topo do cordão dunar até aos 5,5m acima do NMM, isto é, reconstituir uma situação semelhante à existente nos anos 60 (Ramos & Dias, 2000), mas como só foram depositados 325000m³ a cota de topo da duna foi elevada para os 3m acima do NMM numa extensão de 2km (Dias *et al.*, 2004). Depois da realimentação a vegetação pioneira começou a colonizar a duna reconstituída (Matias *et al.*, 2004).

Era previsto que parte importante do material sedimentar fosse erodido depois da intervenção, sendo transferido quer para a praia emersa, quer para a praia submersa, o que é importante para que a zona fique naturalizada, o que se veio a verificar. Passados dois anos da intervenção, estima-se que 66% do volume original tenha aí permanecido. Apenas 17% da erosão é imputável aos processos de naturalização da frente oceânica e à erosão costeira generalizada, porque 15% da erosão verificada ocorreu na extremidade poente da península, tendo sido atribuída a processos de meandrização e de migração da Barra do Lacém. O desaparecimento de 2% do material ocorreu na parte lagunar, devido à actuação das correntes (Dias *et al.*, 1999).

Uma vez que a praia da Península de Cacela é muito procurada durante a época balnear, outras intervenções têm vindo a ser efectuadas depois do robustecimento do cordão dunar. Assim, foram construídos dois passadiços de madeira (Fig. 20), sobrelevados 80cm em relação à cota de topo do cordão dunar, ligando a zona lagunar à praia oceânica, de modo a evitar o pisoteio generalizado. Entre Abril e Agosto de 1997, procedeu-se à colocação de paliçadas de madeira (Fig. 20) com 1,2m de altura,

formando quadrados com 42,25m² de área, numa extensão aproximada de 1200m, no sentido de propiciar o desenvolvimento de dunas naturais. Entre Novembro de 1997 e Fevereiro de 1998 procedeu-se à plantação de *Ammophila arenaria*, no interior das paliçadas. Posteriormente, entre Abril de 1999 e Julho de 2000, efectuaram-se, praticamente em todo o sistema, dragagens ecológicas, integradas no Projecto de Requalificação do Sistema Lagunar. O objectivo destas foram a manutenção das condições ecológicas do sistema lagunar para aumentar o prisma de maré e intensificar a circulação. Nesta intervenção a Península de Cacela voltou a ser intervencionada, tendo-se, inclusive, voltado a dragar, a Barra do Lacém, em Junho de 1999 (Matias *et al.*, 2005). Segundo Ramos & Dias (2000) as intervenções atingiram os objectivos. A vulnerabilidade ao galgamento reduziu-se drasticamente, a contínua redução de largura da península verificada desde os anos 40 até às intervenções descritas foi estancada e, do lado nascente, verificou-se o enchimento das paliçadas e o estabelecimento da sucessão fitossociológica, conferindo um aspecto natural ao novo cordão dunar. Contudo, do lado poente o sucesso das paliçadas e das plantações foi bastante menor devido à escarpa de erosão talhada pelo mar nos materiais depositados apresentar altura e pendor incompatíveis com o transporte eólico de areia para a parte superior.



Figura 20 – Exemplo de passadiço (esquerda) e paliçadas (direita), nas ilhas-barreira da Ria Fomosa.

3.15. Quadros síntese

Nas Tabelas I e II encontram-se sintetizados os principais parâmetros nos diferentes sectores considerados e as principais características das barras do sistema da Ria Formosa, respectivamente.

Tabela I – Síntese dos parâmetros (evolução da linha de costa (m); vulnerabilidade aos galgamentos; ocupação; presença de cortes eólicos; presença de vegetação; intervenções) nos diferentes sectores da Ria Formosa considerados.

	Quarteira – Praia do Garrão			Península do Ancão			Ilha da Barreta		Ilha da Culatra			Ilha da Armona			Ilha de Tavira			Ilha de Cabanas		Península de Cacela	
	FN	TR	VL	W	C	E	W	E	W	C	E	W	C	E	W	C	E	W	E	W	E
Evolução da linha de costa (m)*	-2.3	-0.9	-0.6	-0.8	-	+0.6	-	+	-2	+0.2	-0.3	-2	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Vulnerabilidade Galgamentos	x	X	x	3	4	2	4	2	4	3	4	2	2	4	4	3	3	5	4	4	4
Ocupação	2	2	5	2	5	3	2	2	5	3	1	4	2	5	2	3	4	2	2	2	2
Cortes eólicos **				+					+						+						
Vegetação**				+	-	+	-	+		+	+		+	-		+	+			-	-
Intervenção**	-	-	+		+	+	-	-	+			-	-	+	-	+	+	+	+	+	+

1-nula; 2-baixa; 3-média; 4-alta; 5-elevada.

* (-) – recuo da linha de costa; (+) – avanço da linha de costa.

** (-) – ausência; (+) – presença.

Tabela II – Principais características das barras do Sistema da Ria Formosa (dados obtidos entre ~1945 e 1996, adaptado de Vila-Concejo *et al.*, 2006)

Barra	Largura média (m)	Largura máxima (m)	Estabilidade	Comprimento do curso de migração (m)	Taxa média de migração (m/ano)
Ancão	260	400	Natural	2700 (3700*)	70 (85*)
Faro – Olhão	165	165	Artificial	----	----
Armona	1750	3200	Natural	1060	20
Fuzeta	590	250	Natural	3500 (800*)	65 (75*)
Tavira	60	60	Artificial	----	----
Lacém	1240	2800	Natural	5140	110

* Valores referentes ao curso de migração após abertura artificial.

4. DISCUSSÃO

4.1. Evolução Geral do Sistema

Como se deduz do capítulo anterior, o sistema de ilhas-barreira da Ria Formosa é extremamente dinâmico e, como tal, bastante vulnerável. As taxas de crescimento de algumas ilhas são das mais notáveis a nível mundial (Dias *et al.*, 1997). Uma costa arenosa está sempre sujeita a um fenómeno dinâmico, quer por acção da capacidade de transporte de sedimentos (deriva litoral) das correntes longitudinais, quer devido à acção directa do mar e da ondulação que provoca alterações no perfil da praia (CEO, 2004).

Segundo Pilkey *et al.* (1989), os principais processos incitadores da evolução das ilhas-barreira são: (1) recuo da linha de costa, (2) deriva litoral, (3) galgamentos, (4) formação do cordão dunar e vegetação dunar, (5) deltas de maré, (6) comportamento das barras e (7) erosão provocada pelas marés-vivas.

Recuo da linha de costa

Os valores observados na evolução da linha de costa, sugerem a existência de uma taxa de recuo generalizada na maioria das ilhas e penínsulas, sendo que esta varia consoante a localização geográfica e interacção com os processos oceânicos. A linha de costa move-se em resposta aos factores naturais que ajam sobre ela, de forma a manter o equilíbrio (Williams, 2001). O recuo da linha de costa é mais acentuado nos extremos do sistema e na parte ocidental das ilhas e penínsulas. Na parte central do sistema e nos extremos oriente das ilhas verifica-se alguma acreção e nas zonas de intensa ocupação (Praia de Faro e Farol) existe uma estabilização da linha de costa devido a infra-estruturas construídas para protecção das edificações. No entanto, a acreção verificada a oriente das ilhas da Barreta e de Tavira deve-se à deposição de sedimentos no molhe W das barras artificiais.

Deriva litoral

O processo erosivo dos sistemas costeiros resulta da rotura do equilíbrio dinâmico destes sistemas, provocado, essencialmente, pela (1) diminuição da quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral, (2) por obras de engenharia costeira (nomeadamente as que são implantadas para defender o litoral), (3) pela degradação antropogénica das estruturas naturais e (4) pela elevação do NMM (CEO, 2004). Apesar de todos estes factores serem bem evidentes na Ria Formosa, esta poderá ter-se convertido num local de recepção e deposição de sedimentos provenientes da deriva litoral, no interior da laguna, verificando-se o assoreamento contínuo de muitos dos canais. Este facto poderá ser explicado como uma resposta do sistema em adaptar-se à subida do NMM, reduzindo as exportações de materiais para a plataforma, aumentando, ao invés, a sua importação (Swift, 1976 *in* Dias, 1990).

Como se depreende dos valores apresentados, o sistema da Ria Formosa tem grande carência de sedimentos em algumas zonas expostas ao mar, o que facilita a erosão. Contudo, grande parte deste problema tem origem a barlamar do sistema – Quarteira, onde foram construídos uma série de esporões no intuito de proteger a praia que se encontrava, também, em recuo acelerado. Estas estruturas, ao interromperem a deriva litoral, provocaram a oriente uma aceleração da erosão costeira, sobretudo nas arribas situadas entre Quarteira e a Praia do Garrão. Actualmente, estas arribas são o principal elemento abastecedor de areias ao sistema da Ria Formosa (Correia *et al.*, 1997). Segundo Dias (1988) e Pilkey *et al.* (1989), outras possíveis origens das areias são: (1) os sedimentos de cobertura da plataforma continental adjacente; (2) as areias transportadas de oriente, por deriva litoral, nomeadamente provindas do Rio Guadiana; e (3) os sedimentos transportados directamente da parte continental situada a Norte, durante os períodos de chuva. No entanto, estas não chegam para colmatar as carências

do sistema e o aumento da erosão a Leste de Quarteira tem tendência a intensificar-se, principalmente em Vale do Lobo (Correia *et al.*, 1997), o que significa que se se proceder a obras pesadas de engenharia neste sector, a Ria Formosa irá indubitavelmente sofrer uma intensificação do desequilíbrio dinâmico. Um exemplo que ilustra esta vulnerabilidade da Ria Formosa foi a construção da barra artificial de Faro-Olhão, que induziu grandes alterações no sistema, com efeitos drásticos no suprimento de sedimento à parte oriental, causando mais vulnerabilidade à erosão das ilhas e impactes nas barras a oriente. Estas intervenções são imprescindíveis para o desenvolvimento económico e social da região. No entanto, é de bom senso aceitar que a construção de estruturas destinadas à protecção das edificações, molhes dos portos, assim como todas as obras costeiras, apresentam efeitos nefastos para o litoral, caso não se tomem medidas correctivas adequadas e atempadas. Apesar do nome pelo qual são conhecidas, as obras de protecção costeira, não têm como objectivo, em geral, a protecção da costa, mas sim a protecção de propriedade pública ou privada. Existem dois tipos de obras de protecção costeira, que afectam a Ria Formosa: obras transversais (molhes e esporões) e obras longitudinais (paredões). Em geral, o objectivo destas intervenções é a de eliminar a ameaça iminente de danificação das edificações mal localizadas, o que só irá ampliar os problemas relacionados com a gestão do sistema, embora o das pessoas atingidas esteja temporariamente resolvido. No entanto, dentro dos limites do sistema da Ria Formosa existem apenas dois pequenos esporões situados a oriente das barras artificiais (exceptuando os molhes destas) e dois paredões (ou estruturas), virados à frente oceânica, situados na Praia de Faro e Farol. Segundo Dias (1990), as únicas acções de protecção da costa de forma eficaz, são as que possibilitem a reconstituição da deriva litoral, com os consequentes volumes de sedimentos necessários.

Galgamentos

As ilhas-barreira da Ria Formosa são periodicamente sujeitas a galgamentos oceânicos durante temporais de SW e SE. Naturalmente, os galgamentos constituem um elemento muito importante na dinâmica e evolução do sistema, contribuindo com fornecimento de sedimentos para o interior da laguna e abertura de novas barras, quando as antigas já não apresentam eficiência (Andrade, 1990a), assim como também são essenciais para a conservação de certos tipos de fauna e flora do ecossistema, que se adaptaram a esta dinâmica (Donnelly *et al.*, 2007). Ao contribuir com a deposição de sedimentos na parte lagunar das ilhas, os galgamentos oceânicos têm sido assumidos como principal mecanismo de migração das ilhas-barreira, por diversos autores (Leatherman, 1976; Bray & Carter, 1992), induzindo a um efeito construtivo de acreção, mediante eventos tempestivos de energia moderada associada à baixa topografia (Matias *et al.*, 2003).

Os galgamentos oceânicos dependem de vários factores, tais como a cota das dunas, presença de vegetação, fornecimento de sedimentos à praia e frequência e energia dos eventos tempestivos (Morton & Sallenger, 2003). Contudo, do ponto de vista da ocupação, os galgamentos oceânicos são um factor de peso que necessita de ser avaliado para uma gestão eficaz, uma vez que induz sérios danos materiais nas infra-estruturas existentes nas áreas mais ocupadas (Andrade *et al.*, 1998). Verifica-se que os pontos mais vulneráveis a galgamentos na Ria Formosa são a Praia de Faro, Barreta W, Culatra E, Armona E, Tavira W, toda a Ilha de Cabanas e a Península de Cacela. Segundo Pilkey *et al.* (1989), mesmo pequenos temporais que ocorram durante as marés vivas cheias podem provocar galgamentos nestes locais. Alguns pontos, como a Ilha de Cabanas e a Península de Cacela, viram reduzida a vulnerabilidade a galgamentos após as intervenções efectuadas com algum sucesso. Andrade *et al.* (1998) constatou que a

vulnerabilidade ao galgamento nas ilhas-barreira da Ria Formosa depende da morfodinâmica recente de cada ilha e/ou península e da evolução das barras circundantes, com principal relevância para os processos de acreção, consolidação do cordão dunar e acção antrópica. Em geral, os locais de maior vulnerabilidade são os que apresentam perfis de praia de pouca inclinação, cordão dunar frágil e nas proximidades das barras.

Cordão dunar e vegetação dunar

O cordão dunar é uma das características dominantes da topografia das ilhas-barreira da Ria Formosa. Ao longo das ilhas existiu um cordão dunar frontal contínuo com 5 a 10m de altura sem intervalos de ausência significativos e bem cobertos de vegetação (Pilkey *et al.*, 1989). No entanto, actualmente, o cordão dunar encontra-se completamente ocupado por edificações em alguns locais, como acontece na Praia de Faro, Farol e na povoação da Ilha da Armona. A vegetação tornou-se escassa em vários locais, não somente nas zonas ocupadas mas também na Ilha da Barreta W, Armona E e na Península de Cacela, embora esta tenha vindo a recuperar com a ajuda de paliçadas e passadiços.

Com a crescente pressão antrópica exercida sobre o sistema, especialmente para fins balneares, o aparecimento de cortes eólicos tem aumentado em grande escala, devido ao pisoteio dos corpos dunares. Foram identificados vários cortes eólicos na Península do Ancão W, Culatra W e Tavira W. Este facto pode conduzir, em períodos de agitação marítima mais energética, à ocorrência de galgamentos oceânicos, uma vez que a cota do cordão dunar se vai reduzindo. Ramos & Dias (2000) referem que grande parte dos cortes de galgamento oceânico do sistema da Ria Formosa é devido ao pisoteio dos corpos dunares e não a causas naturais.

Deltas de maré

Segundo Pilkey *et al.*, (1989), a inundação causada pelo fluxo dos deltas de maré de enchente também são um forte mecanismo de evolução das ilhas-barreira, estando na origem da grande largura das ilhas da Armona e de Tavira. Este facto deve-se à incorporação do delta de enchente e posterior migração ou encerramento da barra (Pilkey *et al.*, 1989; Barnhardt *et al.*, 2002). A formação de deltas de enchente em associação com os galgamentos oceânicos pode contribuir para a migração das ilhas-barreira em direcção ao continente, o que poderá estar a suceder com o caso particular da Península de Cacela (Andrade *et al.*, 2004; Carrasco, 2006).

Comportamento das barras

A Ria Formosa é caracterizada por apresentar elevadas taxas de migração das barras. O comportamento destas barras afecta bastante a evolução das ilhas-barreira. Ao se estabilizarem duas das barras no flanco oriental, induziram-se fortes modificações na dinâmica do sistema. Segundo Vila-Concejo *et al.* (2002), a estabilização da Barra Faro-Olhão (1929-1955) teve maiores consequências nas barras do Ancão e da Armona, enquanto que a abertura artificial da Barra de Tavira (1927-1985) produziu maiores efeitos nas barras da Fuzeta e do Lacém.

O sentido de migração das barras não estabilizadas é para oriente, à excepção da Barra da Armona que tem mantido a sua posição nos últimos anos. No entanto, podem ser distinguidos dois tipos de padrões de migração das barras, na Ria Formosa. A Barra do Ancão representa um padrão de migração em que toda a barra se move, isto é, na margem direita existe deposição de sedimento ao mesmo tempo que a margem esquerda sofre erosão, mantendo, assim, quase constante a sua largura, excepto durante os estádios de encerramento. A Barra do Lacém representa o segundo tipo de migração

onde existe uma deposição de sedimento na margem direita da barra, com o consequente estreitamento até que ocorra uma tempestade suficientemente energética que aumente de novo a sua largura (Pilkey *et al.*, 1989; Vila-Concejo *et al.*, 2002). As diferenças entre estes dois tipos de migração devem-se à maior energia da ondulação associada ao flanco ocidental do sistema, que diminui no sentido oriental (Andrade, 1990a) e ao cordão dunar pouco desenvolvido que as ilhas mais orientais apresentam na margem direita das barras, com alta susceptibilidade ao galgamento (Andrade *et al.*, 1998). No entanto, a abertura e estabilização da Barra de Tavira veio introduzir uma perturbação no regime hidráulico nos sectores sitiados a oriente, nomeadamente influenciando na eficácia da Barra do Lacém, sendo que, em 2004, foi aberta, naturalmente, uma barra a oriente da antiga Barra do Lacém, conduzindo ao assoreamento e encerramento da última. Depreende-se, do comportamento do sistema nesta zona, que parece existir tendência natural para existir apenas uma barra entre a Ilha de Tavira e a Península de Cacela.

Como se conclui dos valores apresentados na Tabela II (pag.59), as barras do sistema da Ria Formosa têm grande influência na dinâmica e evolução das ilhas-barreira, pelo que será prudente e imprescindível a elaboração de estudos que visem esta área, especialmente no que toca à efectivação de qualquer intervenção. Através da análise de resultados dos prismas de maré, Mendonça (2001) evidenciou a importância das duas barras principais, Barra de Faro-Olhão e Barra da Armona, as quais controlam maioritariamente a circulação da Ria, embora esta última se encontre actualmente quase fechada, devido à estabilização da Barra Faro-Olhão. Com um canal que chegou a atingir 40m de profundidade, a Barra Faro-Olhão retirou eficácia e importância à Barra da Armona, induzindo ao seu progressivo estreitamento. Apesar de bastante útil, a modelação matemática pode revelar-se bastante perigosa caso não se proceda a uma

rigorosa actualização das variáveis, especialmente num sistema extremamente dinâmico, como na Ria Formosa.

A aplicação de um índice -IHA (inlet hazard areas), que quantifica a extensão da área directamente afectada pelas barras, nas ilhas-barreira da Ria Formosa por Vila-Concejo *et al.* (2006), mostrou que cerca 45% do comprimento total das ilhas-barreira (23400m) pode ser abrangido pelas barras, ou seja, quase metade do sistema.

Erosão provocada pelas marés-vivas

A Ria Formosa é um sistema lagunar com uma grande área de zona intertidal (cerca de 1/3 do total da área). Em cada ciclo de maré, 50 a 75% da água é renovada (Sprung, 1994; Newton & Mudge, 2003). Devido à grande diferença de amplitude entre marés-vivas e marés-mortas, as zonas de menor elevação das ilhas-barreira são regularmente inundadas durante as primeiras, causando fluxos significativos de transporte de sedimentos. Estes fluxos são responsáveis pela formação de canais de maré e aumento da erosão das ilhas-barreira. A redução de área entre a maré-baixa e maré-alta implica, também, uma grande variação na forma das ilhas durante as duas fases, especialmente nas marés-vivas (Pilkey *et al.*, 1989).

Como já foi anteriormente referido, os períodos de marés-vivas são bastante problemáticos, especialmente no Inverno, na medida em que potenciam o efeito de uma tempestade que ocorra numa maré-cheia. Quando tal acontecer, podemos estar seguros que muitos prejuízos materiais irão causar, senão mesmo, consequências mais graves, tais como perdas humanas. Todos os anos se assiste a uma “lotaria”, em certos pontos críticos do sistema, como a Praia de Faro. Todavia, ainda esperamos pela “sorte grande”, que todos os anos aumenta de probabilidade, se se considerar a elevação do NMM.

4.2. A Ria Formosa e outros sistemas de ilhas-barreira

Existem sistemas de ilhas-barreira em muitos locais do mundo. No entanto, o sistema de ilhas-barreira da Ria Formosa apresenta certas características particulares, que lhe conferem especial interesse. As principais características que conferem a este sistema uma feição peculiar são a inexistência de um grande rio, as condições de grande amplitude de maré a que está sujeito e a disposição geral do sistema, em forma de triângulo escaleno, com vértice virado a Sul.

Normalmente os sistemas deste tipo estão situados na desembocadura de um importante rio que lhes fornece sedimentos, o que no caso da Ria Formosa não se verifica. Apenas a existência de um pequeno rio que desagua em Tavira, Rio Gilão, contribui com um caudal médio total de cerca de $2,5\text{m}^3/\text{s}$, para o sistema (INAG, 2001) e pequenos riachos dependentes da precipitação, cujo valor anual é cerca de 500m^3 (INAG, 1999).

Os sistemas de ilhas-barreira costumam estar associados a regimes de maré do tipo micro-maré (0-2m) ou meso-maré (2-4m) (Leatherman, 1976), pelo que teoricamente, estes sistemas só se desenvolvem em ambientes em que amplitude máxima da maré é inferior a 4m (Hayes, 1979). Na Ria Formosa, a amplitude máxima da maré ultrapassa os 3,5m, em altura de marés-vivas, pelo que se encontra no limite a partir do qual não se desenvolvem ilhas-barreira (Dias, 1988; Pilkey *et al.*, 1989).

A forma de triângulo da Ria Formosa é peculiar e rara. Geralmente as ilhas-barreira deste tipo de sistemas dispõem-se segundo um alinhamento rectilíneo. Segundo Dias (1988) e Pilkey *et al.* (1989) esta forma poderá estar associada à migração mais acelerada dos flancos ocidental e oriental do sistema, devido ao menor pendor da plataforma continental adjacente, enquanto que na zona central, Cabo de Santa Maria, a

inclinação é maior. Provavelmente o caso mais parecido com a Ria Formosa é o do Cabo Hatteras, na Carolina do Norte (Vanney & Mougenot, 1981 *in* Dias *et al.*, 2004).

O facto da velocidade de migração das ilhas, em direcção ao continente, ser função da inclinação da plataforma adjacente leva a que os flancos do sistema da Ria Formosa apresentem maior vulnerabilidade à erosão provocada pelo recuo da linha de costa (Dias, 1988). Efectivamente, a Ilha da Barreta evidencia uma maior estabilidade ao longo do tempo que a Península do Ancão, a Ilha de Cabanas ou a Península de Cacula.

Geralmente, os sistemas de ilhas-barreira com maiores taxas de recuo da linha de costa, devido à erosão, são os que se encontram desprovidos ou longe de importantes fontes sedimentares (Morton *et al.*, 2004). Caso seja suprimida essa fonte o sistema entra em ruptura. Certos sistemas de ilhas-barreira poderão estar mais ou menos bem preservados neste aspecto consoante a carência sedimentar. No que se refere à Ria Formosa, pode dizer-se que a influência do homem foi decisiva no que toca à ampliação do problema.

De todos os factores que contribuem para a erosão costeira, a elevação do NMM é dos que mais preocupações têm suscitado em todo o mundo (Greene, 2002). Nenhum sistema de ilhas-barreira é invulnerável a esta ameaça incontrolável e apenas os sistemas mais robustos poderão suportar sem grandes prejuízos o avanço do mar. A reacção típica das ilhas-barreira perante uma subida do NMM é a de se tornarem mais estreitas e migrarem no sentido do continente emerso (sistemas do tipo transgressivo), sendo a razão de migração função da taxa de subida do NMM, do pendor médio da plataforma continental e da intensidade do abastecimento sedimentar (Kana *et al.*, 1984; Leatherman, 1984). Segundo Ladage & Kunz (2002), a elevação do NMM é um dos factores óbvios

que provoca um aumento da taxa de migração, nomeadamente nas ilhas-barreira situadas na costa Norte da Alemanha.

Uma das regiões mais ricas em sistema de ilhas-barreira é o Golfo do México, assim como toda a costa Leste dos EUA. Vários sistemas distribuem-se ao longo de toda esta costa, que devido à sua grande extensão se encontram expostos a taxas de subida do NMM diferentes e, portanto, a velocidades de migração diferentes.

O sistema de ilhas-barreira ao longo da costa da Florida é um dos morfologicamente mais diversificados em todo o mundo. Também estes sistemas estão a ser alvo de importantes alterações morfodinâmicas devido às actividades antrópicas desenvolvidas, a partir dos anos 20 (Davis & Barnard, 2003). Na costa do Golfo do México, as ilhas-barreira com um perfil de praia mais baixo (South Padre Island, Texas; Chandeleur Islands, Louisiana; Dauphin Island W, Alabama; e St. George Island, Florida), mais estreitas e com interrupções no cordão dunar sofrem galgamentos frequentes durante tempestades e apresentam taxas de migração superiores em resposta à elevação do NMM. Em contrapartida, as ilhas-barreira mais robustas (Sanibel Island, Florida; Matagorda Island, Texas; e Central Padre Island, Texas), resultado de um abastecimento de sedimento abundante durante milhares de anos, apresentam um cordão dunar bem vegetado e de cota elevada, permitindo o bloqueio aos galgamentos, mesmo durante as tempestades mais violentas. As altas taxas de erosão das ilhas-barreira da Florida, geralmente localizam-se nas zonas em redor das barras (Morton *et al.*, 2004), um factor similar do que acontece também na Ria Formosa, devido ao alto dinamismo destas.

4.3. Intervenção

O fenómeno turístico-balnear intensificou-se, em Portugal, nos anos 60, com uma rapidez tão grande que os organismos de gestão foram apanhados desprevenidos, surgindo a necessidade, urgente, de proceder, rapidamente, a uma gestão costeira eficaz. Todavia, a fraca importância atribuída ao ordenamento e a falta de experiência das entidades competentes nesta matéria associada a interesses variados, conduziram a uma verdadeira destabilização do sistema costeiro em geral e da Ria Formosa em particular (Dias, 2003).

Em sistemas tão sensíveis como as ilhas-barreira da Ria Formosa, revela-se necessária e urgente a condução de estudos que permitam compreender melhor os seus processos dinâmicos, assim como um planeamento ponderado da ocupação humana. Sendo um sistema arenoso em constante mudança, composto por sedimentos não-consolidados, está sujeito a fortes movimentações e grande dinâmica. É necessário um conhecimento aprofundado desta dinâmica, antes de qualquer intervenção, para que não se corra o risco de proceder como em muitas zonas do litoral algarvio, onde estes aspectos não foram acautelados. Tais procedimentos tiveram como consequências uma acentuada degradação paisagística, perda de bens materiais e somas avultadas de dinheiro gastos com os impostos dos contribuintes (Ramalho *et al.*, 1999). Só será possível gerir os recursos de forma sustentável se for cientificamente suportada. É importante investir em projectos de investigação, assim como em programas de monitorização contínua para se atingir um nível de conhecimento que permita efectuar previsões de comportamento a curto, médio e longo prazo.

No passado, muitos autores, tais como Weinholtz (1978), Granja (1984), Esaguy (1984; 1985; 1986; 1987; 1988), Dias (1988), Pilkey (1989), Andrade (1990), entre outros, mostraram-se interessados na morfodinâmica das ilhas-barreira. Porém, há uma

necessidade de informação de outras áreas, em particular das ciências humanas, para perceber o sistema como um todo e de como a sociedade poderá ser considerada como um factor interveniente. Segundo Scheele & Westen (1996), os planos de gestão costeira actuais deverão apontar para a protecção ambiental de longo prazo, que implicam: (1) uma estratégia de objectivos claros e concisos, (2) uma metodologia prática e realista, (3) monitorização contínua, (4) uma forte aposta nos programas de educação e sensibilização ambiental, e (5) o envolvimento da comunidade local no processo de planeamento e tomada de decisões.

A Ria Formosa é um sistema onde existe um elevado conflito de interesses. Pode afirmar-se, quase por definição, que a gestão das zonas costeiras é uma gestão de conflitos. Este factor é ainda agravado quando se considera que o sistema corresponde a um Parque Natural, onde há que compatibilizar interesses económicos e actividades antrópicas com a conservação da Natureza. Segundo Ramos & Dias (2000), num sistema bastante sensível e vulnerável como a Ria Formosa, só é possível proceder à conservação da Natureza através de intervenções tendentes a minorar os impactes negativos induzidos pelas actividades desenvolvidas.

Com base nesta filosofia de actuação, o PNRF/ICN tem realizado, desde 1996, várias intervenções de carácter suave na tentativa de melhorar o funcionamento do sistema e diminuir a vulnerabilidade ao galgamento. As principais intervenções efectuadas foram: (1) robustecimento da Península de Cacela (efectuado entre Novembro de 1996 e Abril de 1998); (2) Abertura da Barra do Ancão (em 23 de Junho de 1997); (3) Requalificação do sistema lagunar (entre Abril de 1999 e Julho de 2000); (4) Abertura da Barra da Fuzeta (em 13 de Julho de 1999); (5) Colocação de paliçadas, plantação de *Ammophila arenaria* (característica dos sistemas dunares) e construção de passadiços sobrelevados em vários locais da zona de barreira da Ria Formosa, numa

extensão superior a 13km (Dias *et al.*, 2004). As intervenções efectuadas enquadram-se na filosofia de “*Construir com a Natureza*”, a qual advoga que essas intervenções devem manter a dinâmica dos processos naturais (Dias *et al.*, 2004).

No âmbito da discussão pública do Plano de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) entre Vilamoura e V.R.Sto.António, em 2002, foram identificados quatro grandes grupos de problemas: (1) Navegabilidade e utilização do espaço lagunar da Ria Formosa; (2) Núcleos edificadas nas ilhas-barreira; (3) Edificabilidade na faixa terrestre e (4) Planos de praia. Posteriormente foi elaborado um conjunto de propostas de alteração ao POOC (ICN, 2004). Sendo o PNRF uma zona de destino turístico, é importante manter as particularidades que o diferenciam dos restantes locais. Para que tal seja possível é necessário garantir a conservação do património natural e cultural genuíno da Ria Formosa. Neste sentido o regulamento do PNRF não autoriza a implantação de novos núcleos urbanos, pelo que a ocupação turístico-recreativa se deve integrar na estrutura rural do sistema (Marcelo & Fonseca, 1997). No entanto, deve ser considerada uma intervenção ampla, multidisciplinar e cautelosa, que permita resolver os problemas das pessoas e ao mesmo tempo minimizar os impactos ambientais. Os principais problemas observados nas ilhas-barreira estão localizados nos núcleos urbanos, devido às estruturas edificadas. Dos principais núcleos urbanos existentes nas ilhas-barreira apenas os núcleos de Hangares e Culatra não sofrem uma forte pressão erosiva por parte do mar, porque se encontram situados junto à parte lagunar e mais resguardados dos eventos energéticos. Nos restantes núcleos as probabilidades de uma tragédia aumentam de ano para ano.

Normalmente, os peritos em dinâmica costeira e protecção da costa contam com três estratégias (ou técnicas de intervenção) para proteger as estruturas costeiras da erosão: (1) intervenção rígida (ex. construção de molhes), (2) programas não estruturais

(ex. demolição de infra-estruturas) e (3) intervenção suave (ex. realimentação de praias) (Pilkey & Dixon, 1996). Qualquer uma destas intervenções tem prós e contras, e é muito difícil que as medidas tomadas para a sua realização sejam do agrado a todos os grupos de interesse afectados por essas políticas. No sentido de melhorar esta situação foi proposto um projecto de modelação participada na Ria Formosa, visando promover a articulação dos vários grupos de interesse.

A Ria Formosa é uma área de usos múltiplos, que providenciam benefícios económicos e sociais, onde decorrem diversas actividades, que geram conflitos na afectação dos recursos existentes, tais como o turismo de massas, o ecoturismo, a aquacultura, a pesca, a protecção da vida selvagem e conservação da natureza, as descargas de efluentes, a navegação, extracção de sal e areia, entre outros (Van Den Belt *et al.*, 2000; Pacheco *et al.*, 2005).

De acordo com as actividades desenvolvidas, os principais grupos de interesse na Ria Formosa são: (1) o PNRF/ICNB; (2) a Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve (CCDR-Algarve); (3) as entidades promotoras do turismo; (4) as associações comerciais e industriais (incluindo o porto); (5) os pescadores e autoridades responsáveis por este sector; (6) as entidades regionais e locais, nomeadamente os municípios; (7) as associações de defesa de ambiente e os ambientalistas e (8) a população local, incluindo residentes e não residentes. Como sugere Antunes *et al.* (2006), o entendimento entre os diferentes grupos de interesse conduz a uma sinergia que beneficia as potencialidades que contribuem para uma gestão eficaz.

Intervenção rígida

A intervenção rígida tem-se afirmado como a medida tradicional de protecção da costa. Durante décadas as estruturas rígidas têm sido o meio mais usado para a defesa do litoral, um pouco por todo o mundo. Estas estruturas são, normalmente, permanentes. As intervenções deste género, efectivamente, providenciam uma protecção eficaz dos locais em risco, pelo menos durante alguns anos. Contudo, frequentemente, provocam impactes negativos nas áreas circundantes (Inman, 1978; Mangor, 1998; Greene, 2002). Tal facto é claramente evidenciado pelos esporões de Vilamoura e Quarteira, que provocaram um aumento da erosão a oriente e, conseqüentemente, problemas de gestão. Parece, pois, um caso em que se vai empurrando a “batata quente” de uns para outros.

No sentido de proporcionar uma navegação segura, é imprescindível a construção e manutenção de barras fixas que assegurem as actividades socio-económicas da região. Para tal foram artificialmente fixadas duas barras na Ria Formosa, que, obviamente, provocaram alterações no sistema. Entre várias consequências, denotam-se a retenção de sedimentos a barlar do sistema e carência a sotamar, o que potencia a vulnerabilidade a galgamentos oceânicos. Quando se fazem intervenções deste calibre terão que se ter em conta as consequências e é de bom senso que se aprontem soluções. O sistema de “by-passing”, utilizado um pouco por todo o mundo há alguns anos, permite que o sedimento retido pelos molhes situados a barlar seja canalizado através de tubos submersos para o outro lado, onde foram efectuadas fixações de barras. Foram efectuados estudos que demonstraram que esta tecnologia não aparenta ter efeitos ambientais negativos associados, podendo ser empregue em muitos casos (Lindeman, 1997 *in* Greene, 2002).

Programas não estruturais

Os programas não estruturais tratam-se de uma forma de intervenção em que se procede à demolição de infra-estruturas ou transladação das mesmas, de forma a evitar danos provocados por temporais ou pela erosão. Procede-se assim a uma forma radical de resolver o problema de gestão, dando oportunidade ao sistema de se aproximar, tanto quanto possível, da sua evolução natural. Com a descoberta da migração das ilhas-barreira em direcção a continente, como resposta à elevação do NMM, este tipo de intervenção começou a ser aplicado em alguns locais da costa Leste dos EUA, em 1972 (NRC, 1995).

A transladação de infra-estruturas pode ser eficaz em locais pouco povoados, ou quando existe interesse na salvaguarda de património, como aconteceu com o farol do Cabo Hatteras, nos EUA. No entanto, torna-se impraticável a transladação de grandes núcleos urbanos devido aos elevados custos e dificuldades logísticas (USDOC/NOAA, 2000).

Na Ria Formosa, este tipo de intervenção tem tido grandes dificuldades de execução, apesar de não existir impedimento legal para que se dê o início das demolições das construções ilegais em Domínio Hídrico. A lei decreta que se procedam às demolições, que só não são efectivadas devido à persistência de questões socio-económicas e administrativas. Porém, é prioritária a demolição das edificações implantadas na duna primária e em áreas de risco (incluindo edificações que foram legalizadas e construídas mais recentemente) uma vez que se não é a sociedade a concretizar estas acções, será o mar a fazê-lo num futuro próximo, e, o que é mais grave, sem aviso prévio. Actualmente a maioria das construções ilegais pertencem a pescadores, que foram os primeiros a colonizar as ilhas-barreira, enquanto as casas de veraneantes se encontram na sua maioria legalizadas.

Intervenção Suave

A intervenção suave começa, actualmente, a ser uma técnica de gestão costeira usada em alternativa às técnicas de intervenção rígida. Na medida que não implicam a construção de estruturas rígidas, estas técnicas apresentam menores impactos ambientais, sendo uma solução mais apropriada para áreas sensíveis, como as ilhas-barreira. As técnicas de protecção suaves, tais como a realimentação de praias, as dragagens ecológicas ou o robustecimento do cordão dunar enquadram-se mais no que se considera “natural” (Carter, 1988), pois, na generalidade, correspondem a uma intervenção inicial deixando depois a Natureza “trabalhar”. Estas técnicas são geralmente menos dispendiosas e mais eficientes a longo prazo (Koster & Hillen, 1995; Griggs, 1999; Dias *et al.*, 2003). Como exemplo, apesar de algumas desvantagens da técnica, a realimentação de praias tornou-se na medida de protecção da costa contra a erosão preferida nos EUA, Europa e Austrália (NRC, 1995). No entanto, as técnicas de protecção suaves também apresentam limitações e desvantagens. É comum que muitos projectos de realimentação de praias sejam considerados “falhados” pela população, por ficarem com ideia que o mar levou a areia e que foi “dinheiro lançado ao mar”. Porém, se as realimentações forem mal efectuadas é precisamente isso que acontece. Por vezes a areia utilizada na protecção da costa para realimentação ou robustecimento das praias é retirada da zona de praia submersa, de modo que nenhum sedimento é adicionado ao sistema (Wells & McNinch, 1991). Note-se que o sedimento da zona de praia submersa já desempenha um papel importante na defesa da praia e este procedimento não propicia nenhum benefício, criando, ao invés, impactes negativos às comunidades biológicas presentes. Faz, também, com que o perfil de praia se altere, tornando, em geral, as condições mais refletivas, aumentando a erosão e extravio de sedimentos do sistema. Em muitos casos, a areia usada na realimentação apenas serve para providenciar uma

protecção extra às infra-estruturas presentes, especialmente durante eventos tempestivos (Peterson *et al.*, 2000) e desaparece imediatamente após os temporais, ou durante a estação Invernal (Carter, 1988; Leonard *et al.*, 1990 *in* Griggs, 1999).

É imprescindível que, na altura das intervenções, os gestores se encontrem providos de ferramentas e de estudos que permitam compreender bem a zona, de modo a que estas sejam realmente eficientes a curto, médio e longo prazo, tentando através de trabalhos de monitorização melhorar a sua performance para futuras intervenções.

Na Ria Formosa, procedeu-se à utilização de uma técnica de protecção suave inédita (das primeiras a nível mundial) – a abertura artificial da Barra do Ancão, para depois a deixar evoluir naturalmente, seguindo-se a abertura artificial da Barra da Fuzeta. Para o efeito, utilizou-se o conhecimento empírico do sistema. Esta intervenção foi bem sucedida, abrindo novos caminhos e obtendo novas conclusões de modo que futuras intervenções tenham o mesmo êxito. Outras técnicas de intervenção suave, já descritas, têm sido efectivadas pelo PNRF, de modo a melhorar o funcionamento do sistema.

Segundo Dias *et al.* (2003), as intervenções suaves realizadas na Ria Formosa, providenciaram uma protecção eficaz das ilhas-barreira, atingindo os objectivos esperados. Os mesmos autores referem que os sistemas naturais de elevada importância sócio-económica e ambiental (como a Ria Formosa) podem ser geridos utilizando técnicas de protecção suaves, lucrando com o aproveitamento dos recursos existentes (ex. uso do sedimento dragado na manutenção dos canais para robustecimento nas zonas carenciadas).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com vista a avaliar a vulnerabilidade das ilhas-barreira da Ria Formosa, o presente trabalho incidu mais na actualização deste problema na óptica da gestão, uma vez que se trata de um sistema muito dinâmico e em permanente transformação.

Será de todo o interesse aos grupos directamente envolvidos com a Ria Formosa que se continuem a efectuar estudos que possibilitem um melhor conhecimento acerca dos processos que aí ocorrem. Além do conhecimento científico é importante compatibilizar os diferentes interesses. Para que isso aconteça é necessário “sentar à mesa” todos os grupos intervenientes para que possam discutir acerca das medidas a tomar. O desprezo por algum grupo de interesse ou o desentendimento fará que jamais se atingirá o desenvolvimento sustentável no local. Haverá que dar “ouvidos” às pessoas entendidas no assunto e respeitar os direitos de todos. Foram efectuados muitos erros de gestão que urgem agora ser reparados, sob pena do sistema se perder de forma irreversível, não beneficiando ninguém (sociedade). É nas ilhas-barreira que ocorrem os maiores problemas de gestão, e quase todos os problemas que afectam a ria encontram-se a jusante do que se passa neste meio de interface.

A melhor maneira de preservar as ilhas-barreira é permitir a evolução natural da costa. Contudo, na Ria Formosa a preservação integral das ilhas-barreira não é possível do ponto de vista político, na medida que resultariam graves consequências sócio-económicas. Tal forma de gestão não é, todavia, imprescindível neste sistema e é possível atingir um desenvolvimento sustentável mediante intervenções capazes de minimizar os impactos provocados pelas diversas actividades desenvolvidas, sem prejuízo das últimas. Tais intervenções terão que ser amplas, cautelosas e contínuas, tentando o mais possível aproximar-se do que seria a dinâmica natural do sistema.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, C.F., 1990a. O Ambiente de barreira da Ria Formosa, Algarve – Portugal.

Tese de Doutoramento. Universidade de Lisboa: 645pp.

Andrade, C., 1990b. Estudo da susceptibilidade ao galgamento da Ria Formosa. *Geolis*,

IV (1-2): 69-76.

Andrade, C., Barata, A., Teles, M., 1998. An analysis of the vulnerability to overwash of the Ria Formosa barrier island system (Portugal). Using a simple multi-attribute

technique (SMART) approach. *Proceedings of Littoral'98 Conference*. Barcelona:

511-519.

Andrade, C., Freitas, M.C., Moreno, J., Craveiro, S.C., 2004. Stratigraphical evidence of Late Holocene barrier breaching and extreme storms in lagoonal sediments of Ria

Formosa, Algarve, Portugal. *Marine Geology*, 210: 339–362.

Antunes, P., Santos, R., Videira, N., 2006. Participatory decision making for sustainable

development - the use of mediated modelling techniques. *Land Use Policy*, 23: 44–52.

Barnard, P.L., Davis, R.A., 1999. Anthropogenic vs. natural influences on inlet

evolution: west-central Florida. *Coastal Sediments'99 Conference*. ASCE: 1489-1504.

- Barnhardt, W. A., Gonzalez, R., Kelley, J. T., Neal, W., Pilkey, O. H., Monteiro, J. H. e Dias, J. A., 2002. Geologic evidence for the incorporation of flood tidal deltas at Tavira Island, southern Portugal. *Journal of Coastal Research*, SI (36): 28-36.
- Bernardo, P., Bastos, R., Alveirinho Dias, J., 2002. Historic roots for barrier island occupation in the Ria Formosa. *Littoral 2002*. Porto: 4pp.
- Bernardo, P., Dias, J.A., 2003. História da ocupação das ilhas barreira da Ria Formosa. *4º Simpósio sobre a Margem Ibérica Atlântica*: 189-190.
- Bettencourt, P., 1985. Geomorphologie et processus d`évolution récente de la côte sotavento (Algarve – Sud Portugal). *Thèse DEA*. Université de Bordeaux I: 92pp.
- Bettencourt, P. 1994. Les environnements sédimentaires de la côte sotavento (Algarve, SudPortugal) et leur évolution Holocène et actuelle. *PhD Thesis (unfinished)*. University of Bordeaux I.
- Boski, T., Antão, D.M., Zazo, C., 1993. Lithostratigraphy of Quaternary deposits in Central Algarve. *INQUA MBSS Newsletter*, 15: 16-19.
- Bray Jr., T., Carter, C., 1992. Physical processes and sedimentary record of a modern, transgressive, lacustrine barrier island. *Marine Geology*, 105: 155-168.

- Carrasco, A.R., 2006. Evolution of a restricted fetch environment: the case of Ria Formosa backbarrier, Algarve, Portugal. *Thesis for the degree of European Joint MSc in Water and Coastal Management*. University of Plymouth: 32pp.
- Carter, R.G., 1988. Coastal environments – an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines. *Academic Press*. London: 609pp.
- Ciavola, P., Taborda, R., Ferreira, Ó., Dias, J.A., 1997. Field observations of sand-mixing depths on steep beaches. *Marine Geology*, 141: 147-156.
- Ciavola, P., Dias, N., Ferreira, Ó., Taborda, R., Dias, J.M.A., 1998. Fluorescent sands for measurements of longshore transport rates: a case study from Praia de Faro in southern Portugal. *Geo-Marine Letters*, 18: 49-57.
- Ciavola, P., Taborda, R., Ferreira, Ó., Dias, J.A., 1999. Sand transport measurements on beaches: an intercomparison between fast response sensors (obs) and fluorescent tracer dispersal. *Coastal sediments`99*: 955-970.
- Comissão Estratégica dos Oceanos, 2004. Um desígnio nacional para o século XXI. *Relatório da Comissão Estratégica dos Oceanos, parte II – análise e propostas*: 329pp.
- Correia, F., 1996. Estudo do recuo das arribas a leste de Quarteira (Algarve – Portugal) por restituição fotogramétrica. *Tese de Mestrado*. Universidade do Algarve: 83pp.

- Correia, F., Ferreira, Ó., Dias, J.A, 1997. Contributo das arribas para o balanço sedimentar do sector costeiro Quarteira – Vale do Lobo (Algarve – Portugal). *Seminário sobre a zona costeira do Algarve*: 31-39.
- Cortesão, C., Mendes, R., Vale, C., 1986. Metais pesados em bivalves e sedimentos na Ria Formosa, Algarve. *Boletim do Instituto Nacional de Investigação das Pescas*, 14: 3-28.
- Costa, C.L., 1994. Final report of sub-project A. Wind wave climatology of the Portuguese coast. *Report PO-WAVES 6/94-A*. Instituto Hidrográfico, 80 pp.
- Costa, F., 2000. A pesca do atum nas armações da costa algarvia. *Editorial Bizâncio*, Lisboa.
- Davis, R.A.Jr., Barnard, P., 2003. Morphodynamics of the barrier-inlet system, west-central Florida. *Marine Geology* 200: 77-101.
- Dean, R.G., 1988. Realistic economic benefits from beach nourishment. *Proceedings of Coastal Engineering'88 Conference*. ASCE: 1558-1572.
- Dias, J.M.A., 1984. Evolução geomorfológica das arribas do Algarve. *3º Congresso sobre o Algarve*, 2: 705-711.
- Dias, J.M.A., 1986. Observações sobre a origem das areias das ilhas barreira da Ria Formosa. *4º Congresso sobre o Algarve*, 1: 579-587.

- Dias, J.M.A., 1988. Aspectos geológicos do litoral algarvio. *Geonovas*. Lisboa, 10: 113-128.
- Dias, J.A., 1990. A Evolução Actual do Litoral Português. *Geonovas*, 11: 15-29.
- Dias, J.A., Taborda, R., 1992. Tidal gauge data in deducing secular trends of relative sea level and crustal movements in Portugal. *Journal of Coastal Research*, 8: 655-659.
- Dias, J.A., Teixeira, S.B., Ferreira, Ó., 1997. Seminário sobre a Zona Costeira do Algarve. Livro guia da excursão: 43pp.
- Dias, J.A., Matias, A., Ferreira, Ó., Williams, A., 1999. Integrated dune/beach nourishment on Cacela Peninsula, Portugal. *Coastal Sediments '99*, 3: 2165-2175.
- Dias, J.A., 2003. Gestão integrada das zonas costeiras: mito ou realidade?. *II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas*: 5pp.
- Dias, J.A., Ferreira, Ó., Matias, A., Vila-Concejo, A., Sá-Pires, C., 2003. Evaluation of soft protection techniques in barrier islands by monitoring programs: case studies from Ria Formosa (Algarve-Portugal). *Journal of Coastal Research*, SI (35): 117-131.
- Dias, J.A., Ferreira, Ó., Moura, D., 2004. O sistema de ilhas-barreira da Ria Formosa. 3º *SIPRES – Simpósio Interdisciplinar sobre Processos Estuarinos*. Livro guia da excursão: 18pp.

- Donnelly, C., Wamsley, V., Kraus, N., Larson, M., Hanson, H., 2007. Morphologic classification of coastal overwash. *30th International Coastal Engineer Conference, World Scientific Press*: 13pp.
- Douglas, B.C., 1995. Global sea level change: determination and interpretation. *U.S. National Report to IUGG, 1991-1994. Geophys*, 33 Suppl.: 11pp.
- Duarte, C., Matias, A., Dias, J.A., Ferreira, Ó., 1999. Vulnerabilidade dos corpos dunares do Algarve. *10º Congresso do Algarve*: 477-490.
- Esaguy, A.S., 1984. Ria de Faro, Barra da Armona. Evolução 1873-1983. *Direcção Geral de Portos*: 5 pp.
- Esaguy, A.S., 1985. Ria de Faro, Barra da Fuseta. Evolução 1944–1984. *Direcção Geral de Portos*: 11pp.
- Esaguy, A.S., 1986a. Ria de Faro, Barra de Faro-Olhão. Evolução 1955–1985. *Direcção Geral de Portos*: 10pp.
- Esaguy, A.S., 1986b. Ria de Faro, Ilha de Tavira. Evolução 1950–1985. *Direcção Geral de Portos*: 8pp.
- Esaguy, A.S., 1986c. Ria de Faro, Ilha do Ancão. Evolução 1950-1985. *Direcção Geral de Portos*: 7pp.

Esaguy, A.S., 1987. Ria de Faro, Barra de Tavira. Evolução. *Direcção Geral de Portos*: 13pp.

Esaguy, A.S., 1988. Praia de Quarteira: Evolução 1943-1988. *Direcção Geral de Portos*: 26pp.

Ferreira, Ó., Martins, J.C., Dias, J.A., 1997. Morfodinâmica e vulnerabilidade da Praia de Faro. *Seminário sobre a zona costeira do Algarve*: 67-76.

Ferreira, Ó., Dias, J.A., 1998. The moment index: a simple index for constant evaluation of beach vulnerability. *Littoral 98*: 391-396.

Ferreira, Ó., Dias, J.A., Taborda, R., (in press). Implications of sea-level rise for Portugal. *Journal of Coastal Research*: 27pp.

Ferreira, Ó., Garcia, T., Taborda, R., Dias, J.A., 2004. Representation of set back lines for coastal erosion hazards. *Workshop "Métodos de determinação e representação de riscos costeiros"*: 15-16.

Ferreira, Ó., Garcia, T., Matias, A., Taborda, R., Dias, J.A., 2006. An integrated method for the determination of set-back lines for coastal erosion hazards on sandy shores. *Continental Shelf Research*, 26: 1030 –1044.

- Gama, C., Taborda, R., Dias, J.A., 1997. Sobre elevação do nível do mar de origem meteorológica (“storm surge”), em Portugal Continental. *Colectânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal*. Porto: 131-149.
- Garcia, T., Ferreira, Ó., Matias, A., Dias, J.A., 2002. Recent evolution of Culatra Island (Algarve – Portugal). *Littoral 2002, The Changing Coast*: 289-294.
- Garcia, T., Ferreira, Ó., Matias, A., Dias, J.A., 2003. Washover evolution on Culatra Island (Algarve – Portugal). *4º Simpósio sobre a Margem Ibérica Atlântica*: 3pp.
- Garcia, T., Ferreira, Ó., Matias, A., Dias, J.A., 2005. Coastal hazards representation for Praia do Barril (Algarve, Portugal). *Journal of Coastal Research*, SI 49: 28-33.
- Granja, H. 1984. Étude géomorphologique, sedimentológica et géoquímica de la Ria Formosa (Algarve-Portugal). *Tese 3eme Cycle*. Université de Bordeaux: 254 pp.
- Greene, K., 2002. Beach nourishment: a review of the biological and physical impacts. *Atlantic States Marine Fisheries Commission*. Washington DC: 174pp.
- Griggs, G.B., 1999. The protection of California`s coast: past, present and future. *Shore & Beach*, 64 (3): 27-35.
- Hayes, M.O., 1979. Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime. *In: Barrier islands: from the Gulf of St. Lawrence to the Gulf of Mexico*, ed Leatherman, S.P. *Academic press*. New York: 1-28.

Hoyt, J.H., 1967. Barrier Island Formation. *Geological Society of America Bulletin*, 78: 1125-1136.

ICN, 2004. Plano de Ordenamento da Orla Costeira Vilamoura - Vila Real de Santo António. *Relatório da Discussão Pública*: 157pp.

INAG, 1999. <http://www.inag.pt/cgi-bin/anual/precipitacao/portugues/precmensal.tcl?31J/01&1998/99>.

INAG, 2001. Plano Nacional da Água, Introdução, Caracterização e Diagnóstico da Situação Actual dos Recursos Hídricos, Vol. 1.

Inman, D., 1978. The impact of coastal structures on shorelines. *Proceedings of Coastal Zone '78*. ASCE: 2265-2272.

Instituto Hidrográfico, 1994. Final report of sub-project A: wind wave climatology of the portuguese coast. *Report 6/94-A*. Instituto Hidrográfico. Lisbon: 80pp.

Kana, T.W., Michel, J., Hayes, M., Jensen, J.R., 1984. The physical impact of sea level rise in the area of Charleston, South Carolina. In: *Greenhouse Effect and Sea Level Rise: A Challenge for This Generation*, eds Barth and Titus. New York: Van Nostrand Reinhold.

Koster, M.J., Hillen, R., 1995. Combat erosion by law. Coastal defence policy for the Netherlands. *Journal of Coastal Research*, 67 (2-3): 43-49.

- Ladage, F., Kunz, H., 2002. Long-term morphological development of barrier islands: case study – Juist – German North Sea coast. *Littoral 2002, The Changing Coast*: 275-282.
- Leatherman, S., 1976. Barrier islands dynamics: overwash processes and aeolian transport. *Proceedings of Coastal Engineering Conference*. ASCE: 1958-1973.
- Leatherman, S., 1984. Coastal geomorphic responses to sea level rise: Galveston Bay, Texas. In: *Greenhouse Effect and Sea Level Rise: A Challenge for This Generation*, eds Barth and Titus. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Lima, C., Vale, C., 1980. Alguns dados físicos, químicos e bacteriológicos sobre a Ria Formosa. *Boletim do Instituto Nacional Investigaçã das Pescas*, 3: 5-25.
- Mangor, K., 1998. Coastal restoration considerations. *Proceedings of Coastal Engineering'98 Conference*. ASCE: 3425-3438.
- Marcelo, M.J., Fonseca, L.C., 1997. Ria Formosa: da gestão e conservação de uma área protegida. 2º Encontro Nacional de Ecologia Coimbra. *Revista de Biologia*, 16 (1-4): 125-133.
- Martins, J.T., Ferreira, Ó., Ciavola, P., Dias, J.A., 1996. Monitoring of profile changes at Praia de Faro, Algarve: a tool to predict and solve problems. In: *Partnership in Coastal Zone Management*, eds Taussik & Mitchell: 615-622.

- Martins, J.T., Ferreira, Ó., Dias, J.A., 1997. A susceptibilidade da Praia de Faro à erosão por tempestades. *9º Congresso do Algarve*: 206-213.
- Masselink, G., Short, A.D., 1993. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. *Journal of Coastal Research*, 9 (3): 785-800.
- Masselink, G., Hegge, B., 1995. Morphodynamics of meso- and macrotidal beaches: examples from central Queensland, Australia. *Marine Geology*, 129: 1-23.
- Matias, A., Dias, J.A., Williams, A.T., Ferreira, Ó., 1997. Vulnerabilidade das dunas da Ria Formosa. *9º Congresso do Algarve*: 231-239.
- Matias, A., Ferreira, Ó., Mendes, I., Dias, J.A., 1998a. Monitorização da alimentação artificial da Península de Cacela. *Seminário sobre Dragagens, Dragados e Ambientes Costeiros*: 47-56.
- Matias, A., Dias, J.A., Ferreira, Ó., Williams, A.T., 1998b. Aplicabilidade de uma lista de controlo de vulnerabilidade dunar à Ria Formosa. *Seminário dunas da zona costeira de Portugal*. Associação Eurocoast-Portugal: 213-224.
- Matias, A., Ferreira, Ó., Dias, J.A., 1999. Preliminary results on the Cacela Peninsula dune replenishment. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 15 (1-4): 283-288.

Matias, A., 2000. Estudo morfosedimentar da Península de Cacela. *Tese de Mestrado*.
Universidade do Algarve: 244pp.

Matias, A., Ferreira, Ó., Dias, J.A., 2000. Evolução recente da Península de Cacela. 3º
Simpósio sobre a Margem Ibérica Atlântica: 127-128.

Matias, A., Vila-Concejo, A., Ferreira, Ó., Dias, J.A., 2003. Field measurements of
morphologic variations during an overwash event. 4º *Simpósio sobre a Margem
Ibérica Atlântica*: 164-165.

Matias, A., Ferreira, Ó., Dias, J.A., Vila-Concejo, A., 2004. Development of indices for
the evaluation of dune recovery techniques. *Coastal Engineering*, 51: 261-276.

Matias, A., Ferreira, Ó., Mendes, I., Dias, J.A., Vila-Concejo, A., 2005. Artificial
construction of dunes in the South of Portugal. *Journal of Coastal Research*, 21(3):
472-481.

Mendes, I., Ferreira, Ó., Matias, A., 1999. Comparação granulométrica – temporal entre
a Praia de Faro e a Península de Cacela. 10º *Congresso do Algarve*. Portimão: 491-
498.

Mendonça, A., 2001. Simulação da hidrodinâmica de maré na Ria Formosa com um
modelo de elementos finitos. *Tese de Licenciatura de Engenharia do Ambiente*.
Instituto Superior Técnico: 44pp.

- Monteiro, J.H.C., Pilkey, O.H., Dias, J.A., Paixão, G., Gaspar, L.G., 1984. Origem, evolução e processos geológicos das ilhas barreira de Faro e sua importância para o desenvolvimento destas ilhas. *3º Congresso do Algarve*, 2: 713-719.
- Morton, R.A., Sallenger, A.H.Jr., 2003. Morphological impacts of extreme storms on sandy beaches and barriers. *Journal of Coastal Research*, 19 (3): 560-573.
- Morton, R.A., Miller, T.L., Moore, L.J., 2004. National assessment of shoreline change: part 1. Historical shoreline changes and associated coastal land loss along the U.S. Gulf of Mexico. *U.S. Geological Survey Open-file Report 2004-1043*: 45pp.
- Muzavor, S., 1991. Roteiro Ecológico da Ria Formosa: I – Moluscos bivalves. *Algarve em Foco Editora*: 75pp.
- National Research Council (NRC), 1995. Beach Nourishment and Protection. *National Academy Press*. Washington, D.C.
- Newton, A., Mudge, S., 2003. Temperature and salinity regimes in a shallow, mesotidal lagoon, the Ria Formosa, Portugal. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 56: 1-13.
- Oliveira, S.C., Dias, J.A., Catalão, J., 2005. Evolução da linha de costa no Algarve, Variação recente das taxas de recuo de médio prazo no troço costeiro do Forte Novo – Garrão (Oriente de Quarteira). *Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos*: 14pp.

- Pacheco, A., Vila-Concejo, A., Ferreira, Ó., Dias, J.A., 2003. Recent bathymetric evolution of the Faro Channel (Algarve, Portugal). *4º Simpósio sobre a Margem Ibérica Atlântica*: 2pp.
- Pacheco, A., Carrasco, A., Vila-Concejo, A., Garcia, T., Ferreira, Ó., Dias, J.A., 2005. ICM assessment of access channels located on backbarrier systems, a conceptual model. *ICCCM '05, Book of Abstracts*. Tavira: 71-74.
- Pereira, H., Dias, J.M.A., Correia, F., Ferreira, Ó., 1997a. Monitorização de curto prazo das arribas entre Quarteira e Vale do Lobo. *9º Congresso do Algarve*: 222-230.
- Pereira, H., Dias, J.M.A., Correia, F., Ferreira, Ó., 1997b. Tendências actuais do recuo das arribas de Quarteira-Vale do Lobo. Seminário sobre a zona Costeira do Algarve. Faro: 41-43.
- Peterson, C.H., Hickerson, D.M., Johnson, G.G., 2000. Short-Term Consequences of Nourishment and Bulldozing on the Dominant Large Invertebrates of a Sandy Beach. *Journal of Coastal Research*, 16 (2): 368-378.
- Pilkey, O.H., Neal, W.J., Monteiro, J.H., Dias, J.A., 1986. Barrier islands of South Portugal: Backbarrier erosion by spring tides. *SEPM Ann Mid. Meeting, abstracts*, III: 89-90.

Pilkey, O.H., Neal, W.J., Monteiro, J.H., Dias, J.A., 1989. Algarve Barrier Islands: A Noncoastal-Plain System in Portugal. *Journal of Coastal Research*. Charlottesville, Va., 5 (2): 239-261.

Pilkey, O.H., Dixon, K., 1996. The Corps and the Shore. *Island Press*. Washington, D.C.: 272pp.

Pires, H.N.O., 1985. Alguns aspectos do clima de agitação marítima de interesse para a navegação na costa de Portugal. 30pp.

Ramalho, M.M., Boski, T., Moura, D., Dias, J.A., 1999. Apresentação da carta geológico-turística do Parque Natural da Ria Formosa (PNRF). *10º Congresso do Algarve*. Portimão: 499-501.

Ramos, L., Dias, J. A., 2000. Atenuação da vulnerabilidade a galgamentos oceânicos no sistema da Ria Formosa mediante intervenções suaves. *3º Simpósio sobre a Margem Continental Ibérica Atlântica*. Faro: 361-362.

Sá-Pires, C., Ferreira, Ó., Matias, A., Dias, J.A., 2001. Avaliação de realimentações artificiais de praias da Ria Formosa: Casos das ilhas de Cacela e de Tavira. *Congresso do Algarve 2001*: 8pp.

Sá-Pires, C., Ferreira, Ó., Matias, A., Dias, J.A., 2002. Preliminary Evaluation of the Morphological Evolution of Contrasting Beaches of the Ria Formosa With Relation to Differences in Refracted Wave Height. *Littoral 2002, The Changing Coast*: 423-429.

Salles, P., 2001. Hydrodynamic controls on multiple tidal inlet persistence. *Ph.D. Thesis*. Massachusetts Institute of Technology and Woods Hole Oceanographic Institution: 266pp.

Salles, P., Voulgaris, G., Aubrey, D.G., 2005. Contribution of nonlinear mechanisms in the persistence of multiple tidal inlet systems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65: 475-491.

Scheele, R.J., Westen, C.J., 1996. Planning for a coastal policy - the 3A4 approach. In: *Partnership in Coastal Zone Management*, eds Taussik & Mitchell: 65-71.

Sea, 1985. Plano de ordenamento do Parque Natural da Ria Formosa. *Divisão de Ordenamento e Projectos, Serviço Nacional de Parques, Reservas e Conservação da Natureza*. Lisboa.

Silva, A.J.R., Leitão, P.C., Braunschweig, F., Neves, R., 2002. Ria Formosa 3D Hydrodynamic Model. A Contribution for the Understanding of the Faro-Olhão Inlet Processes. *Littoral 2002, The Changing Coast*: 197-207.

Sprung, M., 1994. Macrobenthic secondary production in the intertidal zone of Ria Formosa, a lagoon in southern Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 38: 539-558.

- U.S. Department of Commerce, National Oceanic & Atmospheric Administration, National Ocean Service, Office of Ocean & Coastal Resource Management, 2000. State, Territory, and Commonwealth Beach Nourishment Programs: A National Overview. *OCRM Program Policy Series, Technical Document, 00-01*: 11pp.
- Van Den Belt, M.; Videira, N.; Antunes, P.; Santos, R.; Gamito, S., 2000. Modelação Participada na Ria Formosa. *Edição Fundação do Mar*. Lisboa: 36pp.
- Vila, A., Dias, J.M.A., Ferreira, Ó., Matias, A., 1999. Natural evolution of an artificial inlet. *Coastal Sediments`99*, 2: 1478-1488.
- Vila-Concejo, A., Dias, J.M.A., Ferreira, Ó., Garcia, T., Matias, A., Morris, B., Sá-Pires, C., 2001. Evolução das barras do Ancão e da Fuseta: Relatório final. *CIACOMAR Technical Report n.8/01*: 106pp.
- Vila-Concejo, A., Matias, A., Ferreira, Ó., Duarte, C., Dias, J.M.A., 2002. Recent evolution of the natural inlets of a barrier island system in southern Portugal. *Journal of Coastal Research, (ICS 2002 proceedings)*, SI 36: 741-752.
- Vila-Concejo, A., Ferreira, Ó., Matias, A., Dias, J.M.A., 2003. The first two years of an inlet: sedimentary dynamics. *Continental Shelf Research*, 23: 1425-1445.
- Vila-Concejo, A., Ferreira, Ó., Morris, B.D., Matias, A., Dias, J.M.A., 2004. Lessons from inlet relocation: examples from Southern Portugal. *Coastal Engineering*, 51: 967-990.

- Vila-Concejo, A., Ferreira, Ó., Ciavola, P., Matias, A., Dias, J.M.A., 2004. Tracer studies on the updrift margin of a complex inlet system. *Marine Geology*, 208: 43-72.
- Vila-Concejo, A., Matias, A., Pacheco, A., Ferreira, Ó., Dias, J.A., 2006. Quantification of inlet-related hazards in barrier island systems. An example from the Ria Formosa (Portugal). *Continental Shelf Research*, 26: 1045-1060.
- Weinholtz, M.B., 1964. Contribuição para o estudo da evolução das flechas de areia na costa sotavento do Algarve. *Separata do Boletim Trimestral de Informação do D.G.S.H.*: 14 pp.
- Weinholtz, M.B., 1978. Contribuição para o estudo da evolução das flechas de areia na costa sotavento do Algarve (Ria de Faro). *Relatório da Direcção Geral de Portos*. Lisboa.
- Wells, J.T., McNinch, J., 1991. Beach scraping in North Carolina with special reference to its effectiveness during Hurricane Hugo. *Journal of Coastal Research*, SI 8 II: 249-261.
- Williams, J., Arens, B., Aubrey, D., Bell, P., Bizzaro, A., Collins, M., Davidson, M., Dias, J., Ferreira, Ó., Heron, M., Howa, H., Hughes, Z., Huntley, D., Jones, M.T., O'Connor, B., Pan, S., Sarmento, A., Seabra-Santos, F., Shayler, S., Smith, J. & Voulgaris, G., 1999. Inlet dynamics initiative: Algarve (INDIA). *In*: Kraus, N.C. & McDougal, W.G., *Coastal Sediments '99*: 612-627.

Williams, S.J., 2001. Coastal erosion and land loss around the United States: strategies to manage and protect coastal resources – examples from Louisiana. *Coastal Ecosystems and Federal Activities Technical Training Symposium Proceedings*: 15pp.

Williams, J., O'Connor, B., Arens, S.M., Abadie, S., Bell, P., Balouin, Y., Van Boxel, J., Carmo, A., Davidson, M., Ferreira, Ó., Heron, M., Howa, H., Hugues, Z., Kaczmarek, L.M., Kim, H., Morris, B., Nicholson, J., Pan, S., Silva, A., Smith, J., Soares, C., Vila-Concejo, A., 2003. Tidal inlet function: field evidence and numerical simulation in the INDIA Project. *Journal of Coastal Research*, 19: 189–211.

Donde vem essa voz, ó mar amigo?...
... Talvez a voz do Portugal antigo,
Chamando por Camões numa saudade!

Em Vozes do Mar – Florbela Espanca