Revista da Gestão Costeira Integrada 9(1):57-77 (2009)
Journal of Integrated Coastal Zone Management 9(1):57-77 (2009)

www.aprh.pt/rgci
www.gci.inf.br

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

Barrier-Islands Vulnerability and Ria Formosa Dynamics under a Management Viewpoint

Filipe Rafael Ceia[1]

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, tanto na evolução das ilhas como das barras. A ocorrência de temporais e a elevação do nível médio do mar são os principais factores que conduzem a uma elevada 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 deverá 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.

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 on some islands, particularly «Praia de Faro» at Ancão Peninsula, with the construction

1 *e-mail: ceiafilipe@zoo.uc.pt, IMAR, Departamento de Zoologia, Universidade de Coimbra, 3004-517 Coimbra*

* *Submissão – 14 Fevereiro 2009; Avaliação – 19 Março 2009; Recepção da versão revista – 11 Abril 2009; Disponibilização on-line - 13 Maio 2009*

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.

Keywords: Ria Formosa, barrier-islands, inlets, management, vulnerability.

---

1. INTRODUÇÃO

1.1. A Ria Formosa

A Ria Formosa é a unidade fisiográfica dominante do litoral central e oriental da região do Algarve e encontra-se inserida na área do Parque Natural da Ria Formosa (PNRF) e da Rede Natura 2000 (Fig.1). O sistema de ilhas-barreira da Ria Formosa é, na actualidade, 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 ou Deserta, Culatra, Armona, Tavira e Cabanas), e por um vasto corpo lagunar (Fig.2). As ilhas e penínsulas são separadas por 6 canais de maré, também designados barras (Ancão ou São Luís, Faro-Olhão, Armona ou Grande, Fuzeta, Tavira e Lacém ou 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, que se desenvolve entre as longitudes de 8º02'W e 7º31'W. Os cordões dunares apresentam uma largura variável entre 100 e 750m (Duarte *et al.*, 1999). A área do sistema lagunar é de 11866ha e o das penínsulas e ilhas-barreira é cerca de 1947ha. O PNRF abrange uma área sensivelmente maior, com cerca de 18400ha (Pré-Parque – zona tampão 3400ha e Parque 15000ha) e engloba parte dos concelhos de Loulé, Faro, Olhão, Tavira e Vila Real Santo António (Marcelo & Fonseca, 1998).

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 as flutuações quaternárias do nível do mar ocorridas durante os períodos glaciários e interglaciares. O sistema de ilhas-barreira da Ria Formosa apresenta algumas características peculiares, tais como a inexistência de um grande rio, as condições de amplitude de maré a que está sujeito e a disposição geral do sistema, em forma de triângulo escaleno, com vértice virado a Sul (Dias, 1988; Pilkey *et al.*, 1989). As marés têm regime de meso-marés, com uma amplitude máxima de aproximadamente 3,5m nas marés vivas, encontrando-se no limite máximo para a formação de ilhas-barreira (Pilkey *et al.*, 1989). O lado ocidental do sistema é mais energético, directamente exposto à ondulação dominante de W e SW (68% das ocorrências), enquanto que o lado oriental está exposto às condições de "Levante" (ventos de SE provenientes do Mediterrâneo), também importantes, representando 25% das ocorrências. A ondulação de W e SW tem médias anuais de altura significativa ao largo (Hso) de 0,9m, com períodos médios de 4,7s. A ondulação de SE apresenta Hso ligeiramente superior de 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 que os temporais de SE (Sá-Pires *et al.*, 2001).

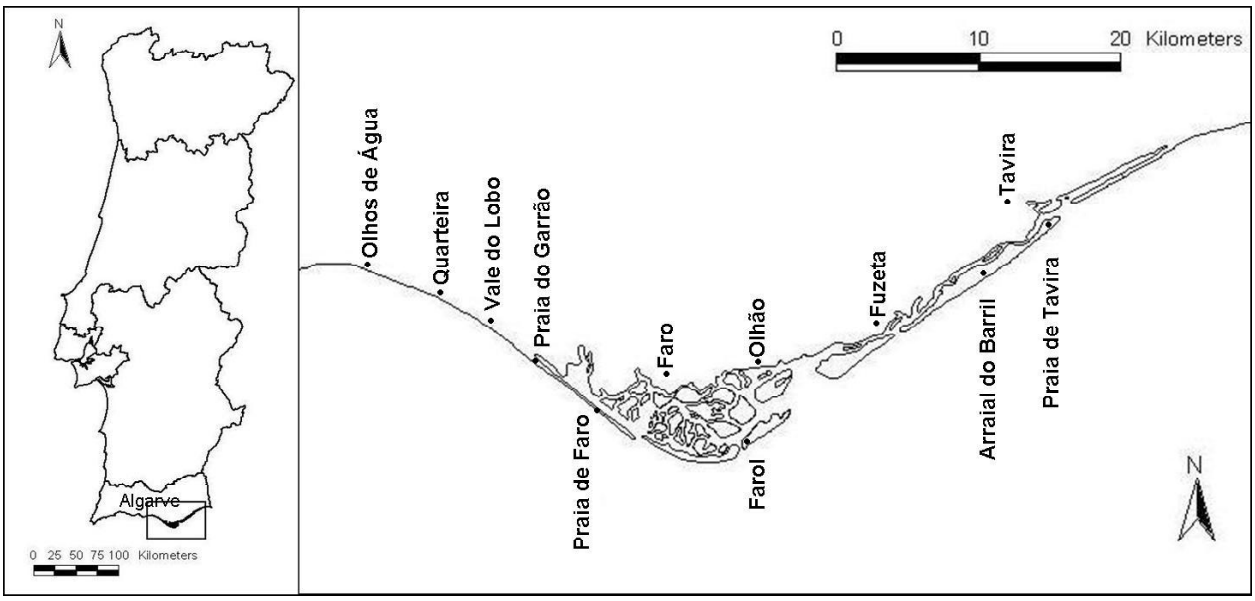

Figura 1 – Localização geográfica da Ria Formosa e comunidades.
Figure 1 – Location of Ria Formosa and communities.

Figura 2 – Imagem de satélite da Ria Formosa. Penínsulas, ilhas-barreira e barras que a constituem (adaptado de Google Earth 4.2, 2007).
Figure 2 – Ria Formosa satellite image, showing the peninsulas, barrier-islands and inlets (adapted from Google Earth 4.2, 2007).

1.3. Morfodinâmica

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. Como 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) e intermédio a dissipativo no extremo oriental (Matias *et al*., 1998).

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. Os galgamentos oceânicos são extremamente importantes neste complexo processo (Dias, 1988; Pilkey *et al.*, 1989).

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 no local inicial (Weinholtz, 1978), à excepção da Barra da Armona, que se tem mantido aproximadamente na mesma posição, e às barras de Faro-Olhão e de Tavira, que são artificiais (Fig.2).

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) (Fig.1).

1.4. Importância Socio-Económica e Ambiental

Devido às suas características naturais, o sistema de ilhas-barreira da Ria Formosa constitui uma área de usos múltiplos, que providenciam benefícios sócio-económicos e que geram conflitos na afectação dos recursos existentes, tais como o turismo de massas, o ecoturismo, a aquacultura, a pesca, a conservação da natureza, as descargas de efluentes, a navegação, a extracção de sal e de areia, entre outros (Van Den Belt *et al.*, 2000).

A nível ambiental assume particular importância, pelo que lhe foi atribuído o estatuto de Reserva Natural (decreto-lei 45/78 de 2 de Maio) e mais tarde de Parque Natural da Ria Formosa (decreto-lei 373/87 de 9 de Dezembro) e de Rede Natura 2000, procurando-se, assim, efectuar uma exploração dos recursos racional e sustentável.

Este sistema é caracterizado pela diversidade faunística e florística, destacando-se o facto de esta área ter, 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, estando protegida pelas convenções internacionais de Ramsar e de Berna.

O cordão litoral que forma as ilhas-barreira serve de protecção a uma grande diversidade de habitats, tais como uma vasta área de sapal, dunas, zonas de água salobra, zonas intertidais, canais, ilhotes, salinas, pisciculturas e cursos de água doce com vegetação ribeirinha. Acresce referir que este sistema de ilhas-barreira é único, na Europa, a nível geomorfológico.

1.5. Situação Actual

Apesar das grandes apetências que apresenta para exploração pelo Homem, a ocupação humana na Ria Formosa, sobretudo nas ilhas-barreira, iniciou-se, significativamente, apenas em finais do século XIX por populações ligadas à actividade pesqueira (Bernardo *et al.*, 2002).

Os problemas de gestão do sistema só surgiram com grande amplitude a partir da década de 60 do século XX, quando a ocupação (principalmente de índole turística), seguindo o modelo de desenvolvimento turístico dessa época, se veio a estabelecer em áreas de risco permanente, devido à erosão e exposição aos temporais.

As características do sistema são incompatíveis com uma ocupação intensa e permanente. Contudo, nas últimas décadas, a ocupação tem revelado tendência para se intensificar, tornar permanente e localizar nas zonas de maior risco, colocando em causa a própria sobrevivência do sistema de ilhas-barreira como ambiente natural (Dias *et al*., 2004).

Na frente oceânica, a erosão costeira tem sido antropicamente amplificada. Os principais causadores

que levaram o sistema da Ria Formosa 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, juntamente com o acréscimo do pisoteio, veio aumentar a vulnerabilidade ao galgamento na maior parte do sistema. As cerca de 2000 construções clandestinas existentes nas ilhas-barreira, potenciam, ainda mais, o risco de galgamento, pois estão frequentemente edificadas sobre o cordão dunar frontal, em zonas de elevada vulnerabilidade (Ramos & Dias, 2000).

Os sistemas de ilhas-barreira são, ainda, muito sensíveis a variações do nível médio do mar (NMM) principalmente a fases de elevação deste. Segundo Ferreira *et al.* (2008), os estuários e os sistemas lagunares costeiros são as zonas mais afectadas pela subida do NMM, em Portugal. Na Ria Formosa os impactes socio-económicos serão grandes. No entanto, muitos destes impactes negativos poderão ser minimizados, ou até evitados, se se tomarem as devidas precauções. Para que isto aconteça, governantes, gestores e população em geral terão que ter em conta esta problemática nas suas decisões.

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

É, principalmente, durante eventos tempestivos, associados a períodos de marés vivas, que se verificam os mais graves episódios de erosão costeira. Esta situação é, pois, agravada pela subida do NMM (Ferreira *et al.*, 2008).

1.6. Objectivos

Este trabalho pretende apresentar uma visão actualizada do que ocorre na zona de interface entre o mar e o meio lagunar do sistema de ilhas-barreira da Ria Formosa. Em particular, pretende-se analisar a dinâmica e evolução das barras e das ilhas-barreira, identificar as principais áreas de risco e os impactes da ocupação humana e discutir aspectos relacionados com as obras de protecção/intervenção realizadas em alguns locais.

2. METODOLOGIA

A recolha de dados foi efectuada sobretudo por pesquisa bibliográfica, por recolha de informações em instituições com conhecimento particular da Ria Formosa (com maior relevância para o Parque Natural da Ria Formosa e o Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos) e 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 nas ilhas-barreira e nas barras que as delimitam.

Foram definidos e individualizados oito sectores, ao longo da área de estudo. Cada ilha ou península foi definida como um sector. As seis barras do sistema foram, também, definidas separadamente. O sector Quarteira – Praia do Garrão, por se encontrar a barlamar do sistema da Ria Formosa foi, também, analisado, uma vez que vários problemas que afectam o sistema têm origem nesta área. Dividiram-se os sectores em partes, distinguidos segundo a sua orientação – Ocidental (W), Central (C) e Oriental (E). Em cada sector, foram identificadas as zonas de maior risco, analisadas as taxas de evolução da linha de costa, a existência ou ausência de ocupação, a presença de corredores eólicos e de vegetação e a existência de intervenções. Para as barras foram analisadas as características mais relevantes: largura, estabilidade e taxas de migração. Os dados obtidos permitem analisar a evolução geral do sistema de ilhas-barreira, identificar as áreas de risco e efectuar uma referência à intervenção no sistema mediante três técnicas: intervenção suave, intervenção rígida e demolição de infra-estruturas (retirada estratégica).

3. O SISTEMA DE ILHAS-BARREIRA

3.1. Quarteira – Praia do Garrão

Embora não faça parte integrante do sistema da Ria Formosa, este sector é de extrema importância na medida em que fornece sedimentos ao sistema. Na realidade, não existem sistemas isolados na Natureza, e um plano de gestão terá, obrigatoriamente, que avaliar a situação e os impactes previsíveis a barlamar e a sotamar de qualquer intervenção.

O sector entre Quarteira e a Praia do Garrão apresenta intensa actividade e ocupação antrópica, designadamente em Vale do Lobo (Fig.1). A evolução das arribas, neste sector, 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 (Andrade, 1990a; Dias & Neal, 1992). Nalguns locais, o recuo chegou a ultrapassar 2m/ano ou mais (Correia *et al.*, 1997).

Ao longo da zona urbanizada de Quarteira (aproximadamente 3,3km), a Direcção Geral de Portos procedeu a obras de defesa costeira, construindo, entre 1971 e 1974, doze esporões e dois molhes de acesso à marina de Vilamoura (o ocidental com 600m e o oriental com 500m) (Bettencourt, 1985). O aumento das taxas médias de recuo neste sector parece resultar, essencialmente, da construção destas estruturas que interrompem a deriva litoral, privando as praias a nascente de sedimentos, o que, consequentemente, facilita o ataque das ondas à base das arribas. Após a construção dos molhes de Vilamoura o recuo médio anual da crista da arriba foi fortemente amplificado, chegando, por exemplo, a ultrapassar, nalguns pontos, os 4 metros por ano no período 1983-1991 (Correia *et al.*, 1996)

A situação em todo o sector é, na actualidade, grave. Vale do Lobo é o local em que o problema de erosão costeira é mais sério, dada a amplitude e intensidade de ocupação antrópica. Os dados disponíveis parecem reflectir a tendência de aumento da erosão na parte oriental do sector (até agora mais estável), apesar das realimentações efectuadas para proteger a Praia de Vale do Lobo.

3.2. Península do Ancão

A Península do Ancão tem cerca de 8km de comprimento e 50 a 250m de largura (Fig.2). 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.

O sector Ancão W (da Praia do Garrão à Praia de Faro) possui um cordão dunar contínuo que praticamente é desprovido de ocupação antrópica. Uma arriba permanente, talhada na duna, marca a transição entre a praia e o cordão dunar, o que demonstra um recuo da linha de costa devido à erosão que, em média, atingiu 0,8m/ano, entre 1989 e 2001 (Ferreira *et al.*, 2006).

O sector Ancão C (Praia de Faro) é urbanizado e, como tal, o mais problemático. O nível da ocupação humana é bastante elevado (Fig.3). Até meados da década de 50, a Praia de Faro era ocupada apenas por alguns pescadores, não havendo registos de problemas graves para as habitações, pois encontravam-se instaladas junto à laguna e separadas do mar por um campo dunar singular. A construção da ponte rodoviária, na década de 50, foi o factor determinante para a forte intensificação da ocupação. O cordão dunar, apesar de afectado pela erosão costeira, foi quase totalmente ocupado e destruído por edificações (Dias *et al.*, 1997, 2004).

Não tendo sido possível concretizar as acções mínimas necessárias para uma ocupação racional da zona (Dias *et al.*, 1997), aconteceu o que era previsível. Durante o Inverno de 1989/90, a Praia de Faro foi fustigada por temporais que provocaram graves danos nas construções e infra-estruturas existentes, uma vez que não é suficientemente robusta para suportar eventos energéticos extremos (Ferreira *et al.*, 1997). Os locais onde a ocupação é mais intensa são os que apresentam maior susceptibilidade a qualquer evento erosivo. 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 e um rebaixamento da cota dunar, não permitindo à praia desempenhar o seu papel natural face às tempestades (Ferreira *et al.*, 1997).

A erosão afecta os limites marinhos e lagunares da Praia de Faro. Entre 1945 e 1964, a linha de baixa-mar recuou 34m, ou seja, cerca de 1,7m/ano (Weinholtz, 1978). Actualmente, as edificações, que truncam o perfil de praia emersa, impossibilitam que a península tenha um comportamento natural, migrando em direcção ao continente (Dias *et al.*, 1997). Por outro lado, o aterro que conduz à ponte canalizou os fluxos de enchente e, principalmente, de vazante. Consequentemente, a corrente na zona da ponte é muito forte, impedindo a acumulação de sedimentos na parte interna da península, o que seria fundamental para permitir a migração aludida.

A construção de muros de revestimento e de outras estruturas de protecção inibiram o recuo da linha de costa, embora não impeçam a ocorrência de

Figura 3 – Parte central da Península do Ancão – Praia de Faro (de Oeste para Este), evidenciando a intensa ocupação sobre o cordão dunar (fotografias obtidas em Novembro de 2006, pelo autor).
Figure 3 – Aerial photo of the Ancão Peninsula from West to East (central zone) – Beach of Faro, showing the intense occupation on dune ridges (photos by author in November 2006).

galgamentos. Devido a estas protecções, a Praia de Faro praticamente não apresentou recuo da linha de costa entre 1989 e 2001 (Ferreira *et al.*, 2006). No entanto, possui uma boa capacidade de recuperação sedimentar após eventos erosivos (Martins *et al.*, 1996), em apenas um ciclo de maré (Sá-Pires *et al.*, 2002).

Matias *et al.* (1997) e Duarte *et al.* (1999) ao avaliarem a vulnerabilidade de um conjunto de sistemas dunares do Algarve foram unânimes em identificar a Praia de Faro como uma das zonas mais vulneráveis da Ria Formosa. O núcleo urbano da Praia de Faro encontra-se em situação de alto risco, confinado a uma estreita faixa (normalmente com menos de 100 metros de largura) entre a laguna e o oceano. As probabilidades de uma catástrofe aumentam de ano para ano, se considerarmos a elevação do NMM e a possível ocorrência de um grande temporal que coincida com maré viva cheia.

No sector Ancão E (entre a Praia de Faro e a Barra do Ancão), a duna está consideravelmente bem preservada e os perfis de praia revelam maior capacidade para reagir a eventos energéticos, excepto na margem da Barra do Ancão (Ferreira *et al.*, 1997). A população consiste sobretudo em pescadores que vivem na margem da laguna.

3.3. Barra do Ancão

O limite oriental da Península do Ancão termina na Barra do Ancão, também designada por Barra de São Luís (Fig.2). Está localizada numa das áreas mais dinâmicas do sistema, mudando frequentemente de morfologia e posição, com uma tendência de migração para nascente a uma velocidade média de 70m/ano e uma largura média de 260m. Entre 1945 e 1996 completou dois ciclos migratórios (Vila-Concejo *et al.*, 2006).

Em 1997 a Barra do Ancão em fase final do seu ciclo de migração, encontrando-se muito assoreada e

com baixa eficiência hidráulica. No sentido de ampliar essa eficiência e proteger os interesses nesta zona procedeu-se à abertura artificial de uma nova barra (23 Junho de 1997), a cerca de 3,5km a W da 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). A forma e a posição da nova barra não foram baseadas em estudos aprofundados, mas no conhecimento empírico da situação (Dias *et al.*, 2003). Estudos recentes sobre a evolução e dinâmica da barra desde a sua abertura artificial (*e.g.:* Vila-Concejo *et al.*, 2002, 2003, 2004a, 2006) permitem concluir que bastaram dois anos para que se atingisse o estado de equilíbrio e começasse a evoluir e a migrar naturalmente, o que confirma o sucesso desta intervenção, que foi das primeiras a nível mundial.

3.4. Ilha da Barreta

A Ilha da Barreta tem um comprimento de cerca de 8km e largura entre 70 e 700m (Fig.2). Existem poucos estudos publicados que focam esta ilha, uma vez que é uma zona menos acessível, com baixa ocupação antrópica e, consequentemente, menos problemática.

A parte ocidental é estreita, de baixa elevação, com pouca vegetação e vulnerável a galgamentos. Na realidade corresponde à parte oriental da zona de migração da Barra do Ancão. Apresenta uma morfodinâmica semelhante à Península do Ancão (Pilkey *et al.*, 1989; Bettencourt, 1994) e um único cordão dunar com cerca de 7m de altura (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 de pescadores e de apoio à praia localizados na parte interna, junto à laguna e à Barra Faro-Olhão, respectivamente.

A metade oriental da ilha é a única que apresenta um comportamento regressivo (Vila *et al.*, 1999), proporcionando o crescimento do cordão dunar frontal (Duarte *et al.*, 1999). Este comportamento foi consequência da construção dos molhes da barra artificial de Faro-Olhão, entre 1929 e 1955 (Esaguy, 1986a), que interromperam a deriva litoral e, consequentemente, induziram a barlamar (junto ao molhe W localizado no extremo oriental da ilha) uma acumulação arenosa notável.

3.5. Barra Faro-Olhão

A Barra Faro-Olhão, que separa as ilhas da Barreta e da Culatra, foi artificialmente aberta e estabilizada por molhes entre 1929 e 1955, num local onde existia já uma barra (Barra do Bispo), relativamente larga mas bastante instável (Esaguy, 1986a) (Fig.2). O objectivo da abertura foi o 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 induziu grande alargamento da parte oriental da Ilha da Barreta, a barlamar, e erosão bastante significativa da parte ocidental da Ilha da Culatra, a sotamar, bem como modificações importantes no comportamento hidrodinâmico lagunar (Vila-Concejo *et al.*, 2006). Veio retirar eficiência hidráulica à Barra da Armona, que era a barra principal do sistema, em consequência do que se verificou grande estreitamento desta, sendo actualmente a sua eficácia extremamente reduzida.

O canal da barra de Faro-Olhão, projectado para manter cotas entre 4 a 4,5m abaixo do zero hidrográfico (Weinholtz, 1978), foi, progressivamente, ficando mais fundo até atingir profundidades na ordem dos 40m, em 2001, assim aumentando a secção de escoamento. Consequentemente, surgiram problemas de segurança no que respeita à navegação devido às fortes correntes de vazante e de enchente e a graves danos nos troços terminais dos molhes.

A abertura da barra e a construção dos molhes alteraram a circulação hídrica e os balanços sedimentares nesta zona do sistema. A Barra Faro-Olhão é a grande responsável pela importação de sedimentos para o sistema lagunar. A entrada de 140000m^3/ano de sedimentos (Pacheco *et al.*, 2007) poderá estar relacionada com as intensas dragagens efectuadas no canal de navegação, no interior do sistema, recomendando-se que sejam apenas realizadas de modo a manter as condições de navegabilidade.

3.6. Ilha da Culatra

A Ilha da Culatra tem aproximadamente 7km de comprimento, estando a ocupação humana concentrada em três povoações (Farol, Hangares e

Culatra), que só podem ser atingidas por barco (Fig.4). A evolução recente da ilha, e das barras que a limitam, foi alvo de estudo de diversos autores (*e.g.*: Granja, 1984, Esaguy, 1984, 1986a, Dias, 1988, Pilkey *et al.*, 1989, Andrade, 1990a, Garcia *et al.*, 2002, Vila-Concejo *et al.*, 2002). É consensual que os molhes da Barra Faro-Olhão foram responsáveis por uma profunda alteração da hidrodinâmica do sistema e alterações significativas na Ilha da Culatra. Segundo Garcia *et al.* (2002), as principais consequências foram o crescimento muito rápido, para oriente, da ilha e a ampliação do recuo da linha de costa na zona ocidental.

A linha de costa da extremidade ocidental da ilha, onde se localiza a povoação do Farol, está completamente artificializada (molhe oriental da barra, enrocamento longitudinal construído para protecção das edificações e estabilização da linha de costa, e um esporão no limite oriental da povoação). Neste sector, a ilha é relativamente estreita com uma duna de declive acentuado, paralela à linha de costa, evidenciando carência de sedimentos (Garcia *et al.*, 2002), o que se torna problemático pois que esta zona se encontra intensamente ocupada.

A morfologia do sector central reflecte a alternância de cordões dunares e canais de maré. Na primeira metade do século XX a margem ocidental da barra da Armona (que era a principal do sistema) localizava-se junto à povoação da Culatra, tendo aí sido construídas as instalações do Instituto de Socorros a Náufragos, onde estava sedeado o bote salva-vidas. Estas instalações há muito que perderam por completo a sua funcionalidade, estando actualmente convertidas num Centro Social da povoação. A ocupação apenas ocorre na margem lagunar da ilha e, consequentemente, não está sujeita a problemas significativos de erosão costeira.

O sector oriental, que se constituiu essencialmente a partir de meados do século XX, é despovoado. Este crescimento da ilha está provavelmente relacionado com a modificação da hidrodinâmica do sistema devido à construção da Barra de Faro-Olhão. Apresenta corpo dunar pouco desenvolvido e elevada susceptibilidade a galgamentos (Andrade *et al.*, 1998; Garcia *et al*, 2002; Vila-Concejo *et al.*, 2006).

3.7. Barra da Armona

A Barra da Armona, que separa as ilhas da Culatra

Figura 4 – Panorâmica da Ilha da Culatra e Barra de Faro-Olhão vista de Oeste; na foto são visíveis as povoações do Farol, Hangares e Culatra (fotografia obtida em Novembro de 2006, pelo autor).
Figure 4 – Oblique aerial photo from West of the Culatra Island and Faro-Olhão Inlet, showing the Farol, Hangares and Culatra communities (photo by author in November 2006).

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) (Fig.2). Era a principal barra do sistema, mas o crescimento da ilha da Culatra tem provocado o seu estreitamento progressivo. Entre 1873 e 1983, a barra estreitou cerca de 2500m, passando de uma largura de 4300m para 1850m (Esaguy, 1984). A maior taxa de estreitamento, entre 1950 e 1977, está provavelmente relacionada com a conclusão da abertura da Barra de Faro-Olhão (Vila-Concejo *et al.*, 2002). Na actualidade, apresenta uma largura de cerca de 200m.

3.8. Ilha da Armona

A Ilha da Armona tem comprimento aproximado de 9km e largura máxima de cerca de 1400m na extremidade SW (Fig.2). A parte ocidental apresenta um longo cordão dunar frontal de 8 a 9m. 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. A parte oriental apresenta um cordão dunar pouco desenvolvido e elevada susceptibilidade ao galgamento (Andrade *et al.*, 1998).

Na zona mais larga, a ocidente, encontra-se a povoação da Armona. Progressivamente, a largura da ilha vai diminuindo para oriente, sendo o cordão dunar robusto e bem vegetado, até à zona fronteira à povoação da Fuzeta (Fig.1).

Nesta zona, bastante estreita e sujeita a galgamentos oceânicos, onde se localizava a Barra da Fuzeta em meados do século XX, encontra-se um conjunto de casas (construídas ilegalmente) com utilização não permanente. Ramos & Dias (2000) apontam esta ocupação como um dos casos mais críticos do sistema, por se localizar numa zona com elevada vulnerabilidade ao galgamento.

3.9. Barra da Fuzeta

A Barra da Fuzeta, que separa as ilhas da Armona e de Tavira, tem actualmente cerca de 250m de largura (Fig.2). Apresenta, normalmente, evolução muito rápida (Dias *et al.*, 1997). Entre 1945 e 1996 registou uma taxa de migração média de cerca de 65m/ano (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 no total mais de 3500m. Esta migração pode ser progressiva ou intermitente (Dias *et al.*, 1997).

À semelhança da Barra do Ancão, procedeu-se à abertura artificial de uma nova Barra da Fuzeta, em Julho de 1999. Porém, devido aos condicionamentos impostos pelas casas existentes frente à povoação da Fuzeta, foi aberta apenas a cerca de 800m a ocidente da posição que ocupava em 1996. Parte do sedimento dragado foi utilizada para fechar artificialmente a antiga barra. No entanto, esta intervenção não obteve muito sucesso, devido ao aumento de sinuosidade do canal após a abertura. De acordo com os resultados de Vila-Concejo *et al.* (2004b), o canal atingiu o equilíbrio dinâmico em Julho de 2000.

3.10. Ilha de Tavira

A Ilha de Tavira é a maior do sistema, com cerca de 11km de comprimento e 800m de largura máxima na parte central (Fig.2). Esta ilha estreita progressivamente para SW, onde existem sinais de forte erosão e de frequentes galgamentos. No entanto, o campo dunar é, na generalidade, moderadamente largo e elevado, constituído por vários cordões dunares. A Ilha de Tavira, exceptuando a extremidade SW, é considerada uma das mais "estáveis" do sistema da Ria Formosa, não existindo indícios de processos destrutivos/construtivos relacionados com a migração de barras. Apresenta, porém, alguns corredores eólicos junto às zonas de maior ocupação devido ao pisoteio e, na parte central, na zona envolvente ao Arraial do Barril, verificou-se um recuo da linha de costa, entre 1976 e 2001, de 0,2 a 1,3m/ano (Garcia *et al.*, 2005).

A extremidade oriental da ilha está estabilizada artificialmente pelos molhes da Barra de Tavira, o que levou à acumulação de sedimentos, a ocidente da barra, numa extensão de cerca de 1000m. A parte mais vulnerável da zona NE situa-se junto ao Canal de Tavira, artificial pois que a sua posição tem sido mantida através de dragagens, e traçado meandriforme. Neste local a ilha têm apenas cerca de 150m de largura.

A Ilha de Tavira apresenta duas zonas de ocupação: o Arraial do Barril (antiga infra-estrutura de pesca do atum convertida em apoio de praia) e a Praia de Tavira,

onde se situam estruturas de apoio com alguma envergadura, designadamente um parque de campismo (Fig.1). Na actualidade, apesar dos impactes antrópicos serem elevados, são concentrados e limitados. Segundo Dias *et al.* (2004), o Arraial do Barril pode ser apontado como um bom exemplo de exploração turística sustentável: não há habitação permanente; o acesso é efectuado por uma ponte pedonal e por um pequeno comboio ou pelo passeio que o ladeia (o que evita impactes generalizados); as antigas instalações da companhia de pesca, que estavam abandonadas, tiveram reaproveitamento lucrativo. Contudo, o cordão dunar frontal está sujeito a alguma erosão e a pequenos galgamentos oceânicos, detectando-se também alguns corredores eólicos e pisoteio moderado. A previsão da localização da linha de costa em 2050, considerando a aceleração da elevação do nível médio do mar e a eventual ocorrência de um temporal com período de retorno de 50 anos, indica que é expectável um recuo da ordem dos 70m, ou seja, que atingirá as edificações aí existentes (Ferreira *et al.*, 2006).

3.11. Barra de Tavira

A Barra de Tavira, artificial, separa as ilhas de Tavira e de Cabanas e tem largura de 60m (Fig.2). Foi aberta artificialmente em 1927, quase em frente à foz do Rio Gilão, conduzindo ao encerramento da antiga barra, em 1930 (Vila-Concejo *et al.*, 2006). Os dados disponíveis sugerem uma velocidade de migração da antiga barra de cerca de 40m/ano (Weinholtz, 1978). 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 constante assoreamento (Esaguy, 1987). Um ciclone, ocorrido em 1941, abriu uma nova barra a cerca de 1100m a Este da barra artificial (Barra do Cochicho-Almargem), a qual rapidamente alargou e começou a migrar para oriente. A existência da nova barra levou ao aumento do assoreamento da Barra de Tavira, que teve que ser reaberta em 1961, face às dificuldades de navegação. Posteriormente, foram efectuadas diversas obras de dragagem, estabilização e fortalecimento de diques, no sentido de diminuir o assoreamento (Esaguy, 1987). A eficiência hidrodinâmica da Barra de Tavira é muito pequena, representando cerca de 4% do prisma de maré total do sistema (Andrade, 1990a).

3.12. Ilha de Cabanas

A Ilha de Cabanas é a ilha mais oriental e a mais pequena do sistema, com um comprimento de cerca de 6km e uma largura máxima de 300m (Fig.2). Na realidade, constitui a extremidade natural da Ilha de Tavira, tendo sido convertida numa ilha autónoma pela abertura artificial da Barra de Tavira (Dias, 1988). Foi completamente destruída durante o ciclone de 1941 e novamente no decurso de um violento temporal em 1961, os quais provocaram extensos galgamentos oceânicos e a formação de uma nova barra (Barra de Cabanas), para além da Barra do Cochicho-Almargem, as quais, juntas, formaram uma abertura única com cerca de 2500m de extensão, a partir da meia maré (Matias, 2000). Consequentemente, o cordão dunar é relativamente recente, frágil e elevando-se apenas a uma cota média de 2,5m (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", entre Abril e Junho de 1999. Não existem estimativas da quantidade de sedimentos perdidos para o mar. No entanto, os dragados, usados na realimentação, eram grosseiros, ajudando à naturalização dos aterros efectuados (Sá-Pires *et al.*, 2001). Além desta intervenção, foi construído mais um pequeno esporão a oriente da Barra de Tavira, pelo que a erosão que aí se verifica ficou atenuada pela existência de dois esporões. As intervenções parecem ter sido determinantes na protecção da praia, uma vez que não se têm registado galgamentos ou erosão do cordão dunar nos locais intervencionados; os mesmos apresentam alguma colonização por vegetação pioneira (Sá-Pires *et al.*, 2001). No entanto, uma vez que a realimentação foi localizada, e o cordão dunar é de baixa altitude, as intervenções não impedem que, num futuro próximo, ocorram galgamentos sobretudo junto aos apoios de praia existentes.

3.13. Barra do Lacém

A Barra do Lacém corresponde à barra natural do limite Este da Ilha de Tavira, se esta não fosse interrompida pela barra artificial de Tavira (Fig.2). Vários autores documentaram a evolução da mesma (*e.g.:* Weinholtz, 1978; Esaguy, 1986b; Dias, 1988;

Pilkey *et al.*, 1989; Andrade, 1990a; Bettencourt, 1994; Matias, 2000; Vila-Concejo *et al.*, 2002). A barra separa a Ilha de Cabanas e a Península de Cacela deriva da junção, em 1985, das Barras de Cochicho-Almargem (aberta pelo ciclone de 1941) e de Cabanas (aberta pelo temporal de 1961) (Esaguy, 1986b). A velocidade média de migração da barra tem sido de 97m/ano (Vila-Concejo *et al.*, 2006).

Mais recentemente, em 2004, abriu-se uma nova barra natural, localizada a oriente da antiga Barra do Lacém. A nova barra conduziu ao assoreamento da antiga Barra do Lacém com o seu consequente encerramento.

3.14. Península de Cacela

A Península de Cacela localiza-se no extremo oriental da Ria Formosa. Tem cerca de 3km de comprimento e entre 100 a 250m de largura (Fig.2).

Em 1976, a cota média do cordão dunar singular, robusto e vegetado, era de 3,4m atingindo um máximo de 6,1m (Esaguy, 1986c). A posterior degradação dos corpos dunares, devido ao pisoteio, conduziu a um grande aumento da frequência de galgamentos (Dias *et al.*, 2004). Em 1990, Andrade (1990b) verificou que a Península de Cacela apresentava um máximo de susceptibilidade a galgamentos oceânicos. 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 mesma (Barra da Fábrica), a qual, em Outubro de 1996, chegou a ter cerca de 35m de largura e uma profundidade de 0,7m (Matias *et al.*, 2004). Caso não se efectuasse qualquer intervenção, era de prever que as dunas remanescentes desaparecessem por completo.

Assim, no sentido de diminuir a vulnerabilidade a galgamentos e de manter a produção de bivalves (actividade económica mais importante da zona), foram efectuadas, entre Outubro de 1996 e Fevereiro de 1997, grandes intervenções que consistiram principalmente na "reconstituição" do cordão dunar da Península de Cacela, na colmatação da Barra da Fábrica e na dragagem da Barra do Lacém e do canal lagunar (Ramos & Dias, 2000, Matias *et al.*, 2005). O objectivo era elevar a cota do topo do cordão dunar até aos 7,5m acima do Zero Hidrográfico (ZH), reconstituindo uma situação semelhante à existente nos anos 60 (Ramos & Dias, 2000). Todavia, devido à existência de formações consolidadas que impossibilitaram a dragagem às cotas inicialmente estabelecidas a quantidade de sedimentos repulsados para a península foi bastante inferior ao previsto, estimando-se que o material deposto no cordão dunar tenha atingido apenas 325000m3 (Ramos & Dias, 2000). Tal obrigou à reformulação do projecto, elevando-se a cota de topo da duna apenas para os 5m acima do ZH. Segundo Matias *et al.* (1999) cerca de 32% do sedimento depositado perdeu-se imediatamente após a deposição no cordão arenoso. Tal verificou-se devido aos processos de acomodação do perfil de praia submerso, mas também porque grande parte do material não apresentava a granulometria adequada, Depois da realimentação, a vegetação pioneira começou rapidamente a colonizar a duna reconstituída (Matias *et al.*, 2004).

Outras intervenções têm vindo a ser efectuadas depois do robustecimento do cordão dunar: foram construídos passadiços de madeira; procedeu-se à colocação de paliçadas no sentido de propiciar o desenvolvimento de dunas naturais e à plantação de *Ammophila arenaria*. Posteriormente, entre Abril de 1999 e Julho de 2000, efectuaram-se, em quase todo o sistema novas dragagens nos canais não considerados de navegação, integradas no Projecto de Requalificação do Sistema Lagunar, com o objectivo de intensificar a circulação assim mantendo as condições ecológicas do sistema. Nesta intervenção voltou-se a dragar a Barra do Lacém, em Junho de 1999. Segundo Ramos & Dias (2000), as intervenções atingiram os objectivos, tendo a vulnerabilidade ao galgamento sido drasticamente reduzida e, do lado nascente, verificando-se o estabelecimento da sucessão fitogenética, conferindo um aspecto natural ao novo cordão dunar.

Mais recentemente, na parte central da zona intervencionada, verificou-se erosão completa da "duna" reconstruída, o que tinha sido previsto nos estudos de monitorização realizados no decurso e imediatamente após a intervenção, tendo-se na altura sugerido a possibilidade de nova pequena intervenção pontual. Todavia, quando se verificou a ruptura, não houve possibilidades de efectuar essa pequena intervenção, pelo que se abriu naturalmente nova barra, o que, nos últimos anos, provocou a colmatação

da antiga barra e erosão de grande parte das "dunas" reconstruídas no final do século XX.

4. DISCUSSÃO

4.1. Evolução Geral do Sistema

Como se deduz dos pontos anteriores, o sistema de ilhas-barreira da Ria Formosa é extremamente dinâmico e, como tal, bastante vulnerável. As taxas de crescimento longitudinal de algumas ilhas são das mais notáveis a nível mundial (Dias *et al.*, 1997).

Segundo Pilkey *et al.* (1989), os principais processos que contribuem para a evolução das ilhas-barreira da Ria Formosa são: (1) recuo da linha de costa, (2) deriva litoral, (3) galgamentos oceânicos, (4) formação de corpos dunares e de estabelecimento da respectiva vegetação, (5) constituição de deltas de maré e sua agregação às ilhas, (6) comportamento das barras e (7) erosão/acumulação provocada pelas marés-vivas designadamente nos canais de maré.

Recuo da linha de costa

Os valores observados na evolução da linha de costa indicam a existência de recuo generalizado das ilhas e penínsulas (com excepção das zonas imediatamente a barlamar dos molhes das barras de navegação), a qual varia consoante a localização geográfica e a interacção com os processos oceânicos. A linha de costa move-se em resposta aos factores naturais, 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 orientais das ilhas, verifica-se alguma acreção. Nas duas áreas mais intensamente ocupadas (Praia de Faro e Farol) existe estabilização da linha de costa devido a artificialização desta com estruturas fixas de engenharia costeira. A acreção verificada a oriente das ilhas da Barreta e de Tavira deve-se à deposição de sedimentos a barlamar dos molhes das barras artificiais.

Deriva litoral

Torna-se evidente que o sistema da Ria Formosa tem grande carência de sedimentos, principalmente nalgumas zonas mais expostas. Contudo, grande parte deste problema tem origem a barlamar do sistema, onde foram construídos os molhes da marina de Vilamoura e o campo de esporões de Quarteira, que interromperam a deriva litoral, provocando, a oriente, intensificação da erosão nas arribas situadas entre Quarteira e a Praia do Garrão. Actualmente, as arribas são o principal elemento abastecedor de areias ao sistema da Ria Formosa (Correia *et al.*, 1997). No entanto, estas não chegam para colmatar as carências sedimentares do sistema da Ria Formosa, o que significa que se forem construídas obras rígidas de engenharia costeira neste sector se verificará intensificação do desequilíbrio dinâmico do sistema, ampliando o grau de ruptura em que este já se encontra. Um exemplo que ilustra esta vulnerabilidade foi a conclusão da construção dos molhes da barra artificial de Faro-Olhão, em meados do século passado, que induziu grandes alterações, com efeitos drásticos no suprimento de sedimento à parte oriental. Na realidade, a abertura desta barra estabilizada pelos molhes respectivos fez com que o sistema natural entrasse em ruptura, modificando radicalmente as características hidro-sedimentológicas. Segundo Dias (1990), as únicas acções de protecção realmente eficazes são as que possibilitam a reconstituição da deriva litoral, com os consequentes volumes de sedimentos necessários.

Galgamentos oceânicos

As ilhas-barreira da Ria Formosa são periodicamente sujeitas a galgamentos oceânicos durante temporais de SW e SE. Estes galgamentos constituem um elemento muito importante na dinâmica e na evolução natural 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). Têm sido assumidos como principal mecanismo de migração das ilhas-barreira (Leatherman, 1976; Bray & Carter, 1992), induzindo um efeito construtivo de acreção (Matias *et al.*, 2003). Assim sendo, a gestão deve integrar uma adaptação aos galgamentos naturais, uma vez que são vitais para o funcionamento natural do sistema.

Do ponto de vista da ocupação, os galgamentos oceânicos são um factor importante que necessita de ser avaliado para propiciar uma gestão mais eficaz, uma vez que induz sérios danos nas infra-estruturas existentes (Andrade *et al.*, 1998). Verifica-se que os pontos mais vulneráveis a galgamentos são a Praia de Faro, Barreta W, Culatra E, Armona E, Tavira W, toda

a Ilha de Cabanas e a Península de Cacela. Nestes locais, mesmo a ocorrência de pequenos temporais, durante a preia-mar de marés vivas, podem provocar galgamentos. 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, embora essa vulnerabilidade comece a ser actualmente elevada no segundo caso devido aos factos aludidos mais acima. Em geral, os locais de maior vulnerabilidade são os que apresentam perfis de praia de pouca inclinação, cordão dunar frágil e proximidade das barras.

Cordão dunar e vegetação dunar

Ao longo das ilhas existiu um cordão dunar frontal contínuo com 5 a 10m de altura sem cortes eólicos e de galgamento muito significativos e bem cobertos de vegetação (Pilkey *et al.*, 1989). No entanto, o cordão dunar encontra-se, na actualidade, completamente ocupado em alguns locais por edificações, como acontece na Praia de Faro, na povoação do Farol e na Ilha da Armona. A vegetação tornou-se escassa, não somente nas zonas ocupadas mas, também, noutros locais, como na parte ocidental da Ilha da Barreta, e na oriental das ilhas da Armona e da Culatra.

Com a crescente pressão antrópica exercida sobre o sistema, especialmente para fins balneares, verifica-se que em vários locais a quantidade de cortes eólicos tem aumentado devido ao pisoteio. Este facto pode conduzir, em períodos de agitação marítima mais energética, à ocorrência de galgamentos oceânicos. 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.

A instalação intensiva, nos últimos anos, de paliçadas para recuperação dunar complementada com plantação de vegetação típica destes ambientes corresponde a uma acção de gestão com efeitos muito positivos, com a qual se tem conseguido robustecer o cordão dunar do sistema.

Deltas de maré

A incorporação de deltas de enchente e posterior migração ou encerramento da barra respectiva constitui importante mecanismo de evolução das ilhas-barreira, estando na origem da grande largura das ilhas da Armona e de Tavira (Pilkey *et al.*, 1989). A formação de deltas de enchente, em associação com os galgamentos oceânicos, contribui 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).

Comportamento das barras

A Ria Formosa é caracterizada por apresentar elevadas taxas de migração das barras. A estabilização de duas das barras no sector oriental provocou 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.

A Barra da Armona era a principal barra do sistema, controlando a maior parte da circulação da Ria Formosa na parte central. Com a abertura da Barra Faro-Olhão, projectada para manter profundidades entre-molhes da ordem de 4,5m ZH mas que progressivamente se foi aprofundando até profundidades superiores a 40 metros, as trocas hídricas com o oceano passaram a efectuar-se predominantemente por esta barra. Os molhes provocaram grande acumulação a barlamar, pelo que, nos 12 anos seguintes à sua construção, a Ilha da Barreta registou alargamento superior a 220 metros na zona por eles influenciada (Bettencourt, 1985). Em consequência, a barra da Armona perdeu eficácia, reduzindo progressivamente largura e profundidade. Nos anos 80 do século XX tinha ainda cerca de 2000 metros de largura, mas actualmente essa largura é apenas da ordem de 200 metros.

O sentido de migração das barras não estabilizadas é para oriente (à excepção da Barra da Armona que tem mantido a sua posição). Essa migração efectua-se quer progressivamente (mantendo ou não a largura) ou por "saltos" na sequência de temporais, em que nova barra se abre, em geral a sotamar da barra existente, seguindo-se, frequentemente, a posterior colmatação desta (Dias, 1988, Pilkey *et al.*, 1989, Andrade *et al.*, 1998).

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). Devido à diferença de amplitude entre marés-vivas e marés-mortas, as zonas de menor elevação das ilhas-barreira são regularmente inundadas durante as primeiras, causando transporte significativo de sedimentos. Estes fluxos são responsáveis pela formação de canais de maré e aumento da erosão das ilhas-barreira.

Como já foi referido, os períodos de marés-vivas são bastante problemáticos, especialmente no Inverno, na medida em que potenciam o efeito de tempestades que ocorrem durante marés-cheias. Todos os anos, nos pontos críticos do sistema, como a Praia de Faro, a probabilidade de ocorrer uma situação muito grave aumenta, principalmente se se considerar a elevação do NMM.

4.2. Intervenção

Como é reconhecido por Scheele & Westen (1996), os planos de gestão costeira devem apontar para a protecção ambiental de longo prazo, o que implica: (1) uma estratégia com objectivos claros e concisos, (2) uma metodologia prática e realista, (3) monitorização contínua, (4) forte aposta nos programas de educação e sensibilização ambiental e (5) envolvimento da comunidade local no processo de planeamento e tomada de decisões.

Sendo a Ria Formosa um sistema muito dinâmico, com elevada vulnerabilidade e que reage rapidamente a elevações do nível do mar, os múltiplos interesses económicos e sociais aí existentes fazem com que a área seja caracterizada por elevado grau de conflitos de interesses. A situação torna-se ainda mais complexa quando se considera que o sistema corresponde a um Parque Natural, onde há que compatibilizar interesses económicos com a conservação da Natureza. Neste contexto, só é possível proceder à conservação da Natureza através de intervenções tendentes a minorar os impactes negativos induzidos pelas actividades antrópicas (Ramos & Dias, 2000).

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; (7) as associações de defesa do 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 conduz a uma sinergia que beneficia as potencialidades que contribuem para uma gestão eficaz.

Os principais problemas das ilhas-barreira estão localizados nos núcleos urbanos, devido às estruturas edificadas. Dos principais núcleos existentes, apenas os de Hangares e Culatra não têm problemas erosão costeira, pois que se localizam junto à parte lagunar (e consequentemente afastados da praia oceânica e, portanto, resguardados dos temporais). Os restantes pólos de ocupação (Praia de Faro, Farol, etc.) são problemáticos, sendo os riscos de inundação e erosão bastante elevados. Para resolver estes problemas existem, fundamentalmente, três estratégias de intervenção: (1) intervenção rígida (ex. esporões, paredões), (2) retirada estratégica / programas não estruturais (ex. demolição de infra-estruturas) e (3) intervenção suave (ex. realimentação de praias) (Pilkey & Dixon, 1996). Qualquer uma destas estratégias tem prós e contras, sendo praticamente impossível que qualquer uma delas satisfaça todos os grupos de interesse afectados.

<u>Intervenção rígida</u>

Até há poucas décadas, em todo o mundo, a construção de estruturas rígidas e permanentes constituiu o método mais utilizado de protecção do património edificado no litoral. Embora estas estruturas se revelem eficazes na defesa de imobiliário em risco de ser danificado pela erosão costeira, provocam fortes impactes negativos a sotamar do local onde são construídas (Inman, 1978; Mangor, 1998; Greene, 2002), pelo que internacionalmente se verifica tendência para adoptar outros tipos de protecção ambientalmente menos agressivos.

A construção dos molhes da marina de Vilamoura e do campo de esporões de Quarteira, provocou forte aumento da erosão a oriente e, consequentemente, graves problemas de gestão. Por outro lado, a abertura e fixação das barras de Faro-Olhão e de Tavira para propiciar melhor funcionamento das estruturas portuárias existentes no meio lagunar e, consequentemente, beneficiar as actividades socio-económicas da região, provocaram grandes alterações

no sistema, fazendo com que o seu funcionamento natural tivesse entrado em ruptura e que a erosão costeira tivesse sido fortemente amplificada a sotamar. Como se verá na parte dedicada às intervenções suaves, a utilização de técnicas de transposição dos molhes ("by-passing") permitiria reduzir substancialmente alguns destes impactes negativos.

A construção de mais estruturas rígidas na Ria Formosa (ou a barlamar desta) traduzir-se-ia numa forte amplificação do desequilíbrio dinâmico em que o sistema já se encontra, tendendo, a médio – longo prazo, para a completa artificialização da Ria Formosa, consignada por legislação nacional como Parque Natural e reconhecida internacionalmente como importante área de preservação ambiental.

Retirada estratégica / Programas não estruturais

Os programas não estruturais são intervenções em que se procede à demolição de infra-estruturas ameaçadas pela erosão costeira ou transferência das mesmas para locais mais seguros, o que é também conhecido como "retirada estratégica". Viabiliza-se, assim, a evolução natural dos sistemas. Com a migração das ilhas-barreira em direcção ao continente como resposta à elevação do NMM, este tipo de intervenção começou por ser aplicado em alguns locais da costa Leste dos EUA, em 1972 (NRC, 1995). A deslocalização 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 em grandes núcleos urbanos, devido aos elevados custos e dificuldades logísticas.

Na Ria Formosa, este tipo de intervenção tem encontrado grandes dificuldades de execução, designadamente no que se refere à demolição de casas construídas ilegalmente em Domínio Hídrico / Domínio Público Marítimo, o que, além de tender a perpetuar situações de muito alto risco, põe em causa a imagem do País como Estado de direito (Dias, 2002).

Intervenção Suave

A intervenção suave, também designada por protecção dinâmica, desde há algumas décadas que é utilizada preferencialmente como alternativa às técnicas de intervenção rígida. Apresentam menores impactes ambientais, sendo uma solução mais apropriada para áreas sensíveis, como as ilhas-barreira. As técnicas de protecção suave, tais como, a realimentação de praias, a reconstrução dunar, a transposição de molhes (*by-passing*), a abertura de barras (para as deixar evoluir naturalmente) e as "dragagens ecológicas" correspondem, em geral, a uma intervenção inicial deixando depois a Natureza "trabalhar". Por essa razão estas técnicas são também frequentemente designadas por "*building with Nature*". São, com frequência, menos dispendiosas e mais eficientes a longo prazo do que as intervenções rígidas (Koster & Hillen, 1995; Griggs, 1999; Dias *et al.*, 2003).

Porém, estas técnicas têm que ser executadas com forte suporte científico e devem envolver o conceito de protecção de trechos costeiros na sua globalidade e não apenas a protecção local de património edificado em zonas de risco. Se forem concretizadas de forma deficiente podem, mesmo, revelar-se contraproducentes. É o que se passa, por exemplo, quando a realimentação de praias é efectuada com areias extraídas da praia submersa (acima da profundidade de fecho): nestes casos nenhum sedimento é adicionado ao sistema (Wells & McNinch, 1991), havendo apenas transferências dentro do sistema, com consequências negativas para o seu funcionamento natural, tanto ao nível morfodinâmico como biológico.

Desde 1996 que o PNRF/ICN tem realizado intervenções de carácter suave na tentativa de melhorar o funcionamento do sistema e diminuir a vulnerabilidade ao galgamento e, ao mesmo tempo, manter a dinâmica dos processos naturais (Dias *et al.*, 2004). Entre as intervenções efectuadas procedeu-se ao robustecimento da Península de Cacela, à abertura das Barras do Ancão e da Fuzeta (deixando-as de seguida evoluir naturalmente), à dragagem de muitos canais que não são de navegação para melhorar a circulação no sistema, à repulsão de sedimentos para o cordão arenoso, à colocação de paliçadas para reconstrução dunar, à plantação de *Ammophila arenaria* e à construção de passadiços sobrelevados.

Segundo Dias *et al.* (2003), as intervenções suaves realizadas na Ria Formosa propiciaram melhor protecção das ilhas-barreira, tendo-se, em geral, atingido 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 este tipo

de técnicas, lucrando com o aproveitamento dos recursos existentes.

A transposição (*by-passing*) dos molhes das barras artificiais, método utilizado desde há muito um pouco por todo o mundo, permitiria que as areias retidas pelos molhes a barlamar fosse transferido para sotamar, aí reconstituindo a deriva litoral e, consequentemente, minimizando alguns dos impactes negativos induzidos por estas estruturas. Vários estudos que demonstram que esta tecnologia não aparenta ter efeitos ambientais negativos associados (*e.g.*: Lindeman, 1997 *in* Greene, 2002).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com vista a avaliar a vulnerabilidade das ilhas-barreira da Ria Formosa, o presente trabalho incidiu na actualização desta problemática na óptica da gestão, uma vez que se trata de um sistema em permanente transformação. Nesta análise é imprescindível ter sempre em consideração que o sistema de ilhas-barreira da Ria Formosa está consignado legalmente como área de protecção ambiental desde 1978, ano em que lhe foi atribuído o estatuto de Reserva Natural, tendo ficado protegido pelo estatuto de Parque Natural em 1987 (Decreto-lei 373/87) e Rede Natura 2000, tendo ainda sido integrado, desde 1980, na Lista de Sítios da Convenção de Ramsar (zonas húmidas de importância internacional).

Da análise efectuada conclui-se que é imprescindível compatibilizar os diversificados valores naturais (biológicos, geomorfológicos, físico-químicos, geológicos, etc.) intrínsecos ao sistema com os múltiplos interesses sócio-económicos decorrentes da sua exploração (pesca, maricultura, aquacultura, turismo, portos comerciais e de pesca, navegação de recreio, etc.). Estando influenciado por fortes impactes antrópicos directos e indirectos, tais como, entre muitos outros, a erosão costeira e a intensificação do assoreamento lagunar, a sobrevivência do sistema "natural" e a sustentabilidade da sua exploração carecem de intervenções correctivas frequentes por forma a minimizar os impactes negativos aludidos. Tais intervenções terão que ser cautelosas e contínuas, tentando, o mais possível, aproximar-se do que seria a dinâmica natural do sistema.

É, ainda, urgente resolver vários conflitos de interesses existentes, privilegiando as actividades indutoras de menores impactes negativos e que, simultaneamente, viabilizem uma melhor exploração sustentável do sistema. Aponta-se, a título exemplificativo, o caso do turismo: há que desincentivar o turismo de massas directo nesta área (até porque nas proximidades há pólos turísticos deste género bem consolidados), desenvolvendo em alternativa outros tipos de turismo complementar, designadamente o turismo de Natureza, a observação de aves (*bird watching*) e de peixes (*fish watching*) em ambiente natural, os passeios no meio lagunar em embarcações não poluentes, o turismo gastronómico, etc.

A maior parte da zona de barreira do sistema não está ainda ocupado por estruturas imobiliárias. Com vista à exploração sustentável do sistema é imprescindível que estas zonas continuem sem ocupação permanente, mantendo algumas características pristinas ainda aí existentes. Nos poucos núcleos urbanos piscatórios existentes, cujo caso paradigmático é a povoação da Culatra, onde não existem problemas realmente graves pois que se localizam na margem lagunar (relativamente afastada do litoral oceânico), devem-se adoptar algumas medidas correctivas pontuais por forma a preservar a sua identidade cultural, a melhorar a qualidade de vida da população e a impedir um crescimento exagerado. Nos restantes núcleos urbanos, com características "turísticas", vários dos quais localizados nas zonas de maior risco do sistema, seria altamente desejável que se procedesse à completa reformulação da ocupação ou, sempre que possível, se optasse pela desocupação.

No sentido de tentar resolver os problemas de erosão costeira existentes (que se agravarão no futuro), recomenda-se vivamente que: a) não se construam obras de protecção rígida (esporões, paredões, etc.) na Ria Formosa nem na zona a barlamar desta da qual o sistema depende; b) se continuem a executar acções de robustecimento do cordão dunar e de colmatação dos cortes de galgamento, utilizando, tanto quanto possível, sedimentos provenientes da dragagem dos canais de navegação; c) se implemente a transposição dos molhes portuários, com relevância especial para os molhes da Barra de Faro-Olhão; d) efectivamente se proceda à demolição das edificações situadas em zonas de maior risco e sobre a duna

primária, concretizando finalmente decisões governamentais que têm vindo a ser repetidamente tomadas há quase três décadas, mas nunca executadas cabalmente; e) sejam amplificadas as acções de intervenção e protecção dinâmica, na linha do que se verificou desde finais do século passado (abertura de barras, quando necessário, para as deixar evoluir naturalmente, dragagens "ecológicas", etc.) e que transformaram a Ria Formosa num sítio de referência internacional nesta matéria, e que nos últimos anos apenas têm sido executadas de forma extremamente moderada.

Finalmente, é altamente recomendável que em todos os actos de gestão, envolvendo quer as componentes geomorfológicas, quer as ecológicas, quer as sócio-económicas se tenham sempre em consideração as alterações climáticas, principalmente no que se refere à elevação do nível médio do mar.

BIBLIOGRAFIA

Andrade, C.F. (1990a) - *O Ambiente de barreira da Ria Formosa, Algarve – Portugal*. Dissertação de Doutoramento, 645p., Universidade de Lisboa, Portugal. (não publicado).

Andrade, C.F (1990b) - Estudo da susceptibilidade ao galgamento da Ria Formosa. *Geolis*, IV(1-2):69-76, Lisboa, Portugal.

Andrade, C.F., 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*, pp.511-519, Barcelona, Espanha.

Andrade, C.F., 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. (doi:10.1016/j.margeo.2004.05.016).

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. (doi:10.1016/j.landusepol.2004.08.014).

Bernardo, P., Bastos, R. & Dias, J.A. (2002) - Historic roots for barrier island occupation in the Ria Formosa. Littoral 2002, Porto: 4 p. (disponível em http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/papers/CI/02_Lit_91_PB.pdf).

Bettencourt, P. (1985) - *Geomorphologie et processus d'évolution récente de la côte sotavento (Algarve – Sud Portugal)*. Thèse DEA, 92p., Université de Bordeaux I, França. (não publicado).

Bettencourt, P. (1994) - *Les environnements sedimentaires de la côte sotavento (Algarve, SudPortugal) et leur évolution Holocéne et actuelle*. PhD Thesis, University of Bordeaux I, França. (unfinished).

Bray Jr., T. & Carter, C. (1992) - Physical processes and sedimentary record of a modern, transgressive, lacustrine barrier island. Marine Geology, 105(1-4):155-168. (doi: 10.1016/0025-3227(92)90187-M).

Correia, F., Dias, J.A., Boski, T. & Ferreira, Ó. (1996) - The retreat of the Eastern Quarteira cliffed coast (Portugal) and its possible causes. In: Jones, P.S., Healy, M.G. & Williams, A.T. (eds), Studies in Coastal Management, p.129-136, Samara Publ. Ltd, Cardigan, U.K. (disponível em http://w3.ualg.pt/jdias/JAD/papers/CLinternac/96_Studies_129_FC.pdf).

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. (disponível em http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/papers/CN/97_SZCA_031_FC.pdf).

Costa, C.L. (1994) - *Final report of sub-project A "Wind wave climatology of the Portuguese coast"*. Instituto Hidrográfico, Report PO-WAVES 6/94-A, 80 p., Lisboa, Portugal. (não publicado).

Dias, J.A. (1988) - Aspectos geológicos do litoral algarvio. Geonovas, 10, 113-128. (disponível em http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/papers/RN/88_Geonovas_AD.pdf).

Dias, J.A. (1990) - A Evolução Actual do Litoral Português. Geonovas, 11, 15-29. (disponível em http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/papers/RN/90_Geonovas_AD.pdf).

Dias, J.A. (2002) - Manual de Sobrevivência e Vilanagem. Diário de Notícias - Suplemento "Ambiente e Desenvolvimento Sustentável", 30 de Julho de 2002, Lisboa, Portugal. (disponível em http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/papers/xCS/02_DNAD.pdf).

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*, SI35:117-131.

Dias, J.A., Ferreira, Ó. & Moura, D. (2004) - O sistema de ilhas-barreira da Ria Formosa. *3º SIPRES – Simpósio Interdisciplinar sobre Processos Estuarinos*: 18 p., Faro, Portugal.

Dias, J.A. & Neal, W.J. (1992) - Sea cliff retreat in southern Portugal: profiles, processes, and problems. *Journal of Coastal Research*, 8:641-654.

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) - *Livro Guia da Excursão*. Seminário sobre a Zona Costeira do Algarve, 43 p., Faro, Portugal.

Douglas, B.C. (1995) - Global sea level change: determination and interpretation. U.S. National Report to IUGG, 1991-1994. Geophys, 33 Suppl.: 11 p. (disponível em http://www.agu.org/revgeophys/dougla01/dougla01.html).

Duarte, C., Matias, A., Dias, J.A. & Ferreira, Ó. (1999) - Vulnerabilidade dos corpos dunares do Algarve. 10º Congresso do Algarve: 477-490. (disponível em http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/papers/CN/99_10CA_477_CD.pdf).

Esaguy, A.S. (1984) - *Ria de Faro, Barra da Armona. Evolução 1873-1983*. 5 p., Direcção Geral de Portos, Lisboa, Portugal.

Esaguy, A.S. (1986a) - *Ria de Faro, Barra de Faro-Olhão. Evolução 1955–1985*. 10p., Direcção Geral de Portos, Lisboa, Portugal.

Esaguy, A.S. (1986b) - *Ria de Faro, Ilha de Tavira. Evolução 1950–1985*. 8 p., Direcção Geral de Portos, Lisboa, Portugal.

Esaguy, A.S. (1986c) - *Ria de Faro, Ilha do Ancão. Evolução 1950-1985*. 7 p., Direcção Geral de Portos, Lisboa, Portugal.

Esaguy, A.S. (1987) - *Ria de Faro, Barra de Tavira. Evolução*. 13 p., Direcção Geral de Portos Lisboa, Portugal.

Ferreira, Ó., Dias, J.A. & Taborda, R. (2008) - Implications of sea-level rise for Portugal. Journal of Coastal Research, 24(2):317-324. (doi: 10.2112/07A-0006.1).

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. (doi: 10.1016/j.csr.2005.12.016).

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. (disponível em http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/papers/CN/97_SZCA_067_OF.pdf).

Garcia, T., Ferreira, Ó., Matias, A.& Dias, J.A. (2002) - Recent evolution of Culatra Island (Algarve – Portugal). Littoral 2002, The Changing Coast: 289-294. (disponível em http://w3.ualg.pt/~jdias/GESTLIT/papers/02_LitTG.pdf).

Garcia, T., Ferreira, Ó., Matias, A. & Dias, J.A. (2005) – Coastal Hazards Representation for Praia do Barril (Algarve, Portugal). Continental Shelf Research, SI49:28-33.

Granja, H. (1984) - *Étude géomorphologique, sedimentológique et géoquimique de la Ria Formosa (Algarve-Portugal)*. These 3eme Cycle, 254 p., Université de Bordeaux I, França. (não publicado).

Greene, K. (2002) - Beach nourishment: a review of the biological and physical impacts. 174 p., Atlantic States Marine Fisheries Commission, Washington DC. (disponível em http://www.asmfc.org/publications/habitat/beachNourishment.pdf).

Griggs, G.B. (1999) - The protection of California's coast: past, present and future. *Shore & Beach*, 67(1):18-28.

Hoyt, J.H. (1967) - Barrier Island Formation. Geological Society of America Bulletin, 78:1125-1136. (doi: 10.1130/0016-7606(1967)78[1125:BIF]2.0.CO;2).

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

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.

Leatherman, S. (1976) - Barrier islands dynamics: overwash processes and aeolian transport. *Proceedings of Coastal Engineering Conference*, ASCE:1958-1973.

Mangor, K. (1998) - Coastal restoration considerations. *Proceedings of Coastal Engineering'98 Conference*, ASCE: 3425-3438.

Marcelo, M.J. & Fonseca, L.C. (1998) - Ria Formosa: da gestão e conservação de uma área protegida. *Revista de Biologia*, 2º ENEC, 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:* Taussik, J. & Mitchell, J. (eds.), *Partnership in Coastal Zone Management*, pp. 615-622, Samara Publ. Ltd., Cardigan, U.K.

Matias, A. (2000) - *Estudo morfosedimentar da Península de Cacela*. Dissertação de Mestrado, 244p., Universidade do Algarve, Faro, Portugal. (não publicado).

Matias, A., Dias, J.A., Williams, A.T. & Ferreira, Ó. (1997) - Vulnerabilidade das dunas da Ria Formosa. *9º Congresso do Algarve*, 231-239, Vilamoura, Portugal.

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. (disponível em http://www.ieo.es/publicaciones/boletin/pdfs/bol15/15_283-288.PDF).

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. (doi: 10.1016/j.coastaleng.2004.02.002).

Matias, A., Ferreira, Ó., Mendes, I. & Dias, J.A. (1998) - Monitorização da alimentação artificial da Península de Cacela. *Seminário sobre Dragagens, Dragados e Ambientes Costeiros*: 47-56.

Matias, A., Ferreira, Ó., Mendes, I., Dias, J.A. & Vila-Cconcejo, A. (2005) - Artificial construction of dunes in the South of Portugal. Journal of Coastal Research, 21(3):472-481. (doi: 10.2112/03-0047.1).

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, Thalassas, 19(2b):164-165. (disponível em http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/papers/CI/03_4SM_b164_AM.pdf).

NRC - National Research Council (1995) - *Beach Nourishment and Protection*. 334 p., Washington, D.C. National Academy Press. (ISBN: 9780309052900).

Pacheco, A., Carrasco, A.R., Vila-Concejo, A., Ferreira, Ó. & Dias, J.A. (2007) - A coastal management program for channels located in backbarrier systems. Ocean & Coastal Management, 50:119-143. (doi:10.1016/j.ocecoaman.2006.08.008).

Pilkey, O.H. & Dixon, K. (1996) - *The Corps and the Shore*. 286p., Island Press, Washington, D.C., U.S.A. (ISBN: 9781559634380).

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*, 5(2):239-261.

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. (disponível em http://w3.ualg.pt/~jdias/GESTLIT/papers/00_SMLR.pdf).

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*: 8 p.

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. (disponível em http://www2008.io-warnemuende.de/homepages/schernewski/Littoral2000/docs/vol3/Littoral2002_79.pdf).

Scheele, R.J. & Westen, C.J. (1996) - Planning for a coastal policy - the 3A4 approach. *In:* Taussik, J. & Mitchell, J. (eds.), *Partnership in Coastal Zone Management*, pp. 65-71, Samara Publ. Ltd., Cardigan, U.K.

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. (doi: 10.1006/ecss.1994.1037).

Van Den Belt, M., Videira, N., Antunes, P., Santos, R. & Gamito, S. (2000) - *Modelação Participada na Ria Formosa*. 36 p., Edição Fundação do Mar, Lisboa, Portugal.

Vila, A., Dias, J.M.A., Ferreira, Ó. & Matias, A. (1999) - Natural evolution of an artificial inlet. Coastal Sediments'99, 2:1478-1488. (disponível em http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/papers/CI/99_CS99_1478_AV.pdf).

Vila-Concejo, A., Ferreira, Ó., Ciavola, P., Matias, A. & Dias, J.A. (2004a) - Tracer studies on the updrift margin of a complex inlet system. Marine Geology, 208:43-72. (doi: 10.1016/j.margeo.2004.04.020).

Vila-Concejo, A., Ferreira, Ó., Matias, A. & Dias, J.A. (2003) - The first two years of an inlet: sedimentary dynamics. Continental Shelf Research, 23:1425-1445. (doi: 10.1016/S0278-4343(03)00142-0).

Vila-Concejo, A., Matias, A., Ferreira, Ó., Duarte, C. & Dias, J.A. (2002) - Recent evolution of the natural inlets of a barrier island system in southern Portugal. *Journal of Coastal Research*, (ICS 2002 proceedings), SI36:741-752.

Vila-Concejo, A., Ferreira, Ó., Morris, B.D., Matias, A. & Dias, J.A. (2004b) – Lessons from inlet relocation: examples from Southern Portugal. Coastal Engineering. 51(10):967-990. (doi:10.1016/j.coastaleng.2004.07.019).

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. (doi: 10.1016/j.csr.2005.12.014).

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, Portugal.

Wells, J.T. & McNinch, J. (1991) - Beach scraping in North Carolina with special reference to its effectiveness during Hurricane Hugo. *Journal of Coastal Research*, SI8:249-261.

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: 15 p. (disponível em http://www.fws.gov/nc-es/ecoconf/williams paper.pdf).