

# **Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente**

**Rosa Maria Rodrigues Queiroz Folha**

**Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Geografia Física - Ambiente e Ordenamento do Território, apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, sob a orientação do Professor Doutor Fernando Manuel da Silva Rebelo (FLUC) e do Professor Doutor Pedro Manuel Roque Proença e Cunha (FCTUC)**

**Coimbra, outubro de 2011**

## **Agradecimentos**

Os meus mais sinceros agradecimentos, pelo resultado deste trabalho, a todas as pessoas que me apoiaram, incentivaram e estiveram comigo ao longo do seu desenvolvimento.

Aos meus orientadores científicos, respetivamente, Prof. Dr. Fernando Rebelo e Prof. Dr. Pedro Proença Cunha, pelos ensinamentos, apoio e paciência.

À D<sup>a</sup> Manuela Costa, técnica do Laboratório de Sedimentologia da UC, pelos ensinamentos e acompanhamento inicial nos processos laboratoriais.

À Isabel Casaleiro, pela presença e ajuda nas saídas de campo, pelo apoio emocional, pela amizade verdadeira e desinteressada.

À Sandra Mendes, pela disponibilidade e apoio no acesso a dados.

À Capitania do porto da Figueira da Foz e à Câmara Municipal pela disponibilização de documentação técnica diversa.

Ao pai e à irmã pela motivação, compreensão e força com que me acompanharam; obrigada pelo amor, alegria e atenção sem reservas...

A todos o meu muito obrigado.

## **Resumo**

As zonas costeiras e o seu delicado equilíbrio estão atualmente em risco como consequência da intensa utilização destes espaços, designadamente pelos usos artificializados do território. Ainda que devido à fragilidade que lhes está atribuída, pela forte exposição às ações energéticas do mar, as zonas costeiras apresentaram desde sempre um papel preponderante nas sociedades.

A intensificação do crescimento populacional nas áreas costeiras, os impactos das atividades antrópicas levadas a cabo nas bacias hidrográficas e as intervenções de defesa costeira entre outros fatores, constituem os principais problemas das áreas litorais portuguesas.

Este trabalho apresenta a monitorização dos processos naturais e antrópicos no estuário do Mondego no verão de 2011, cerca de um ano após o prolongamento do molhe norte do porto da Figueira da Foz.

Relativamente ao período de monitorização fez-se uma caracterização dos controlos da dinâmica sedimentar, nomeadamente a agitação marítima (altura e rumo), assim como as intervenções efetuadas pelo próprio homem (ex. extrações sedimentares). Recorreu-se à elaboração de perfis topográficos de praia, entre junho e setembro de 2011. Adicionalmente, foram realizadas análises granulométricas de areias sedimentares recolhidas ao longo dos perfis.

Foi possível identificar um expressivo avanço da linha de costa no segmento mais a sul da área de estudo (setor da Bola Nívea), demonstrando a retenção dos sedimentos transportados pela deriva litoral pelo prolongamento do molhe norte do porto. Nas areias analisadas predomina a areia média.

Palavras-chave: estuário do Mondego, evolução da linha de costa, perfil de praia, Figueira da Foz, monitorização.

## **Abstract**

Coastal areas and their delicate balance are currently at risk as a result of the intense use of these spaces, particularly by the artificial uses of the territory. Despite their fragility caused by the strong exposure to energetic actions of the sea, the coastal areas have always played a preponderant role in the societies.

The intensification of the population growth in coastal areas, the impacts of anthropogenic activities undertaken in the watersheds and coastal defence interventions among other factors, are the main problems of the portuguese coastal areas.

This work presents the monitoring of natural and man-made processes features in the Mondego estuary in summer 2011, about one year after the extension of the North Pier of the harbor of Figueira da Foz.

During the monitoring period a characterization of sedimentary dynamics controls was made, in particular the characteristics of maritime agitation (height, direction), as well as the interventions made by the man himself (e.g. sedimentary extractions). Topographical profiles of the beach between June and September 2011 were made. Additionally, particle size analysis of sands were held sedimentary collected over the profiles..

It was possible to identify a significant accretion of coastline in the southernmost segment of the study area ( setor of Nivea ball) demonstrating the retention of sediment transported by the littoral drift by the extension of the North Pier of the port. In the sands analysed predominates the medium sand.

Keywords: Mondego estuary, evolution of coast line, beach profile, Figueira da Foz, monitoring.

## Índice Geral

Agradecimentos .....	iii
Resumo .....	iv
Abstract .....	v
Índice geral .....	vi
Índice de figuras .....	viii
Índice de tabelas .....	xi
Índice de anexos .....	xii
<b>Capítulo I – Introdução</b> .....	<b>1</b>
1. Objetivos .....	2
2. Metodologias .....	3
2.1 Métodos de gabinete .....	3
2.1.1 Pesquisa e análise de fontes bibliográficas .....	3
2.2 Métodos de campo .....	3
2.2.1 Execução de perfis topográficos transversais de praia .....	3
2.2.2 Recolha de sedimentos .....	5
2.2.3 A agitação marítima.....	5
2.3 Métodos de laboratório .....	6
2.3.1 Análise granulométrica .....	6
2.4 Sistematização e tratamento de informação recolhida .....	6
3. Enquadramento da área de estudo .....	7
3.1 Enquadramento geográfico e geológico do Estuário do Mondego ...	7
<b>Capítulo II – Estuário do Mondego e litoral adjacente</b> .....	<b>10</b>
1. Caracterização sedimentar do Estuário do Mondego .....	10
2. Evolução do litoral e erosão costeira .....	13
2.1 Definição de linha de costa .....	13
2.2 Fatores que contribuem para a evolução do litoral .....	15
2.2.1 Ocupação do litoral .....	16
2.2.2 Diminuição da quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral ..	16
2.2.3 Obras de engenharia costeira .....	20
2.3 Processos costeiros .....	25

2.3.1 Posição da linha de costa .....	26
2.3.2 Perfil de praia .....	26
2.3.3 Ondas .....	28
2.3.4 Marés e correntes de maré .....	30
2.3.5 Sobreelevação de tempestade (storm surge) .....	31
2.3.6 Correntes de retorno .....	32
2.3.7 Vento .....	33
<b>Capítulo III – Análise dos perfis topográficos transversais à praia ....</b>	<b>35</b>
1. Morfodinâmica das praias .....	35
2. Fatores de variabilidade de perfis da praia .....	39
3. Monitorização das praias .....	40
3.1 Variação sedimentar no Farolim de Buarcos .....	42
3.1.1 Perfis de praia .....	42
3.1.2 A linha de costa: variação média .....	44
3.1.3 Áreas calculadas e sua variação (da), função dos intervalos de tempo de medição (dt) .....	44
3.2 Variação sedimentar na praia Bola de Nívea .....	46
3.2.1 Perfis de praia .....	46
3.2.2 A linha de costa: variação média .....	48
3.2.3 Áreas calculadas e sua variação (da), função dos intervalos de tempo de medição (dt) .....	49
4. Cálculo do volume sedimentar .....	50
<b>Capítulo IV – Análise granulométrica de sedimentos .....</b>	<b>53</b>
1. A análise granulométrica .....	53
2. Classificação das amostras de acordo com parâmetros estatísticos calculados .....	56
3. Considerações finais .....	62
<b>Capítulo V - Conclusão.....</b>	<b>64</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>67</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>79</b>

## Índice de Figuras

Figura 1 – Fotografia aérea – Localização geográfica da Figueira da Foz e estuário do Mondego e enquadramento em Portugal .....	2
Figura 2 – Metodologia para a construção de perfis de praia (adaptado de King,1980) .....	4
Figura 3 – Caracterização dos sub-sistemas estuarinos do Rio Mondego (adaptado de Cunha, 1998) .....	7
Figura 4 – Esboço geológico da área estudada, adaptado a partir de cartografia de Soares & Marques <i>in</i> Almeida <i>et al</i> (1990) .....	8
Figura 5 – Carta de sedimentos do estuário do Mondego (adaptado de Cunha <i>et al</i> , 1997) .....	11
Figura 6 – O rio Mondego e principais afluentes, bem como as diversas barragens (retirado de Cunha, 2002, modificado de Marques <i>et al</i> , 2002) .....	17
Figura 7 – Figueira da Foz – Forte de Santa Catarina, foz do Mondego(1951). Fotografia da Coleção particular de Jorge Dias (Rebelo, 2006) .....	21
Figura 8 – Prolongamento do molhe Norte em 400m, assinalado a laranja, com rumo sensivelmente SW e raio de curvatura 590m (Projeto das Obras-Memória descritiva, 2006) .....	23
Figura 9 - Localização aproximada dos pontos de amostragem. Fonte: RECAPE, elaborado pela AGRIPRO / PROMAN .....	24
Figura 10 – Linha de costa .....	27
Figura 11 - Distribuição de alturas significativas da onda .....	30
Figura 12 - Distribuição dos períodos significativos da onda .....	30
Figura 13 – Frequência (%) do vento na Figueira da Foz (dados do IM, 2011) .....	34
Figura 14- Velocidade média (nós) do vento na Figueira da Foz (dados do IM, 2011) .....	34
Figura 15 – Localização dos perfis. 1- Farolim de Buarcos; 2 – Bola de Nívea (Torre do Relógio – Figueira da Foz) .....	35

Figura 16 - Terminologia usada para a praia. 1- zona de rebentação (breaker zone); 2- zona de ressaca ou de espalho (surf zone); 3- zona de espraiamento (swash zone) (adaptado de Davis, Jr, em Schwartz, 1982)	36
Figura 17 – Praias dissipativas, intermédias e reflexivas, um sistema desenvolvido por Wright and Short (1983) para classificar a morfologia das praias e os padrões de acompanhamento de ondas e correntes. A classificação depende do declive da praia e das condições da onda .....	37
Figura 18 – Localização do perfil Farolim de Buarcos. Ortofoto de 1998- (CMFF) .....	42
Figura 19 – Vista parcial da praia no Farolim de Buarcos .....	43
Figura 20 - Perfis de praia elaborados para o local Farolim de Buarcos entre junho e setembro de 2011, referenciados para o Zero Hidrográfico .	43
Figura 21 – Linha de costa e respetiva variação para os perfis realizados no local Farolim de Buarcos entre junho e setembro de 2011(Dados de junho 2010 cedidos por Mendes,S(2010)) .....	44
Figura 22 – Evolução das áreas para os perfis de praia elaborados para o local Farolim de Buarcos entre junho e setembro de 2011 .....	45
Figura 23 – Variação da relação de erosão (valores negativos) e acreção costeira (valores positivos) para os perfis de praia elaborados para o setor denominado Farolim de Buarcos entre junho e setembro de 2011 ..	45
Figura 24 - Localização do perfil Bola de Nívea. Ortofoto de 1998- (CMFF) .....	46
Figura 25 - Vista parcial da praia Bola de Nívea .....	47
Figura 26 - Perfis de praia elaborados para o local Bola de Nívea entre junho e setembro de 2011, referenciados para o Zero Hidrográfico (Z.H.)	47
Figura 27– Vista parcial da praia Bola de Nívea – julho 2011. O vermelho identifica o topo e a base berma da praia .....	48
Figura 28 - Linha de costa e respetiva variação para os perfis realizados no local Bola de Nívea entre junho e setembro de 2011(Dados de junho 2010 cedidos por Mendes,S(2010)) .....	49
Figura 29 - Evolução das áreas para os perfis de praia elaborados para o local Bola de Nívea entre junho e setembro de 2011 .....	49



Figura 30 - Variação da relação de erosão (valores negativos) e acreção costeira (valores positivos) para os perfis de praia elaborados para o setor denominado Bola de Nívea entre junho e setembro de 2011 .....	50
Figura 31 – Evolução dos volumes no espaço compreendido entre os perfis de Farolim de Buarcos e Bola de Nívea, entre junho e setembro de 2011. É representada uma curva de tendência (polinómio de segundo grau) aos valores calculados para determinar a tendência da variação do volume sedimentar ao longo do tempo .....	51
Figura 32 - Variação da relação de erosão (valores negativos) e acreção sedimentar (valores positivos), para os perfis realizados entre o Farolim de Buarcos e a Bola de Nívea, entre junho e setembro de 2011. É representada uma função de aproximação linear que exprime a tendência de maior ou menor acreção/ erosão da praia emersa (acima do Z.H.) .....	52
Figura 33 – Abertura da malha granulométrica da coluna de peneiros utilizada .....	54
Figura 34 – Tabuleiro com frações resultantes da peneiração .....	55
Figura 35 – Amostras colhidas no local Farolim de Buarcos .....	56
Figura 36 – Praia junto ao Farolim de Buarcos – granulometria .....	56
Figura 37 – Amostras colhidas no local Bola de Nívea .....	57
Figura 38 – Representação da distribuição do desvio padrão para as amostras colhidas em julho de 2011 .....	60
Figura 39 – Representação dos valores calculados para a determinação do grau de assimetria para as amostras colhidas em julho de 2011 .....	60
Figura 40 - Representação dos valores calculados para a determinação da curtose para as amostras colhidas em julho de 2011 .....	61

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Escalas temporais de ocorrência de alterações costeiras (adaptado de Beatley <i>et al</i> , 2002 .....	25
Tabela 2 – Alturas significativas da onda mais frequentes (%) registadas entre junho e setembro de 2011 .....	29
Tabela 3 – Períodos da onda mais frequentes (%) registados entre junho e setembro de 2011 .....	29
Tabela 4 - Valores das áreas dos perfis para os diferentes meses e respectivas variações ao longo do tempo, no Farolim de Buarcos .....	46
Tabela 5 - Valores das áreas dos perfis para os diferentes meses e respectivas variações ao longo do tempo, na Bola de Nívea .....	50
Tabela 6 - Valores de volume para os diferentes meses e respectivas variações ao longo do tempo .....	51
Tabela 7 – Designações para os valores da curtose, propostos por Folk & Ward (1957) .....	59
Tabela 8 - Designações para os valores do desvio padrão, propostos por Folk & Ward (1957) .....	57
Tabela 9 - Designações para os valores da assimetria, propostos por Folk & Ward (1957) .....	58
Tabela 10 – Listagem dos códigos das amostras e respetivos parâmetros estatísticos calculados .....	58
Tabela 11 – Percentagem das frações granulométricas. Classificação das amostras segundo a escala de Wentworth .....	62

## Índice de Anexos

Escala de Beaufort .....	80
Escala de classificação de Wentworth .....	81
Altura/direção/período médio de ondulação .....	82
Velocidade do vento (nós) .....	84
Perfil da praia Bola de Nívea .....	85
Perfil da praia Farolim de Buarcos .....	96

## Capítulo I – Introdução

As zonas costeiras constituem ecossistemas únicos e irreconstituíveis à escala humana, resultantes de uma longa evolução, de muitos milhões de anos. Deve-se assumir que as características de qualquer litoral são impostas pela atuação dos processos de geodinâmica interna e externa ao longo do tempo geológico. As complexidades sistémicas das zonas costeiras tornam-nas em sistemas altamente sensíveis e vulneráveis. Com frequência, uma pequena alteração num dos parâmetros pode provocar grandes modificações em todo o sistema. Acresce que são sistemas abertos, extremamente dependentes de forças que lhes chegam do exterior; isto é, por exemplo, de modificações ocorridas nas bacias hidrográficas drenantes, de mudanças surgidas na bacia oceânica adjacente, e de alterações verificadas no sistema atmosférico (Dias, 2005).

Desde há mais de três mil anos, ou seja, desde que o nível médio do mar atingiu, aproximadamente, a cota atual, que o litoral português tem apresentado comportamento predominantemente regressivo (isto é, em que a linha de costa apresenta tendência para migrar em direção ao oceano), embora esta tendência regressiva geral tenha sido por vezes interrompida por alguns períodos transgressivos (isto é, em que a linha de costa apresentou tendência para migrar em direção ao continente) (Dias, 1993).

São múltiplos os fatores indutores de alteração da costa. Embora alguns desses fatores sejam (ou possam ser considerados) naturais, a maior parte é consequência direta ou indireta de atividades antrópicas. Os principais fatores responsáveis pela modificação costeira são a diminuição da quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral, a degradação antropogénica das estruturas naturais, as obras de engenharia costeira e a elevação do nível médio do mar (Dias *et al.*, 1994).

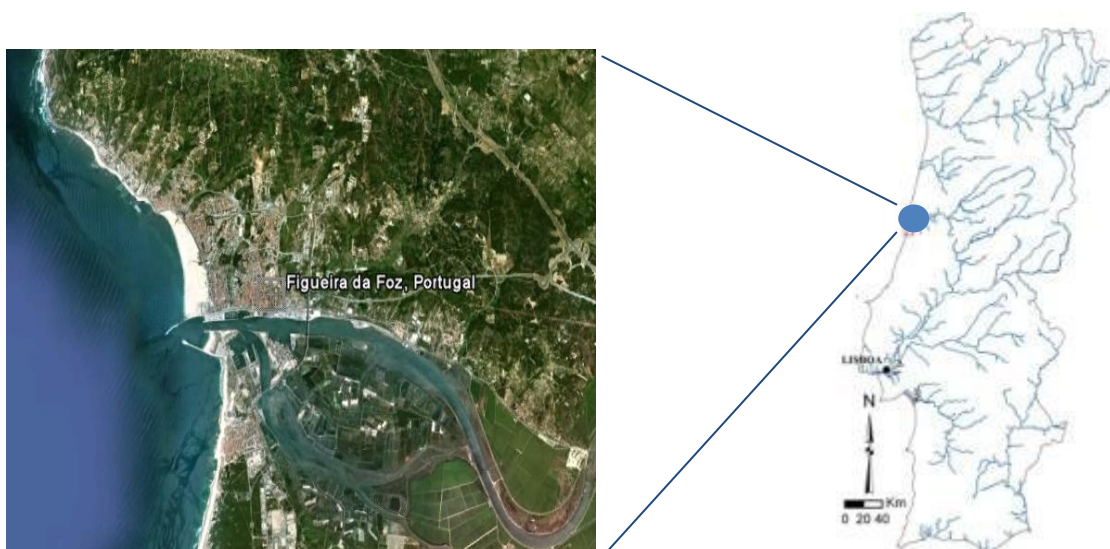
Existe pois a necessidade de quantificar as alterações costeiras e de as cartografar. Apesar de esta cartografia não excluir a necessidade pontual de estudos detalhados, constitui uma ferramenta prática e poderosa no ordenamento, na gestão e no planeamento ambiental de zonas costeiras, sem

os quais dificilmente o desenvolvimento será sustentado (Borges *et al.*, 2009).

Na sequência de estudos que têm vindo a ser realizados no litoral do município da Figueira da Foz (Cunha, 1998, 1999; Cunha *et al.*, 1995, 1997, 1998; Mendes, 2002; Ribeiro, 2006; Mendes, 2010) surgiu a ideia de realização de um trabalho de monitorização de processos naturais e antrópicos no Estuário do Mondego e litoral adjacente no período de junho a setembro de 2011, com o objetivo de analisar em que medida os processos naturais e as atividades antrópicas na faixa costeira, tais como construção de molhes, em especial o prolongamento do molhe norte portuário, têm afetado as características morfosedimentares da praia.

## 1. Objetivos

Com este estudo pretende-se aperfeiçoar a caracterização dos processos naturais que atuam sobre o setor vestibular do sistema estuarino (processos fluviais, ondas e marés) do Mondego (Figura 1), identificar os usos e ocupações antrópicas que provocam impactes ambientais, caracterizando esses impactes segundo o tipo, a extensão e o grau de gravidade e consciencializar a população sobre as causas e consequências de práticas urbanísticas, ações e comportamentos geradores de impactes ambientais.



**Figura 1** – Fotografia aérea - Localização geográfica da Figueira da Foz e estuário do Mondego e enquadramento em Portugal (adaptado de Ribeiro, 2006)

Pretende-se dar um contributo para a monitorização da faixa de praia adjacente ao estuário do Mondego, no setor compreendido entre o Farolim de Buarcos e a Bola de Nívea, tendo em consideração o verão (junho, julho, agosto e setembro) de 2011, aproximadamente um ano após a fase final das obras de prolongamento do molhe Norte do porto da Figueira da Foz.

Pretende-se caracterizar e interpretar a evolução da morfologia costeira em função da agitação marítima e das ações antrópicas.

Pretende-se também promover soluções de remediação e alternativas de desenvolvimento na perspetiva da sustentabilidade ambiental e da melhoria da qualidade de vida.

O interesse pela área é o resultado do dinamismo da faixa costeira em causa, da maior disponibilidade de dados, do conhecimento da área e da facilidade de deslocação à área de estudo.

## **2. Metodologias**

### **2.1 Métodos de gabinete**

#### **2.1.1. Pesquisa e análise de fontes bibliográficas**

Procedeu-se a uma pesquisa bibliográfica sobre o Estuário do Mondego e na temática das praias arenosas, procurando informação em assuntos específicos ou questões de caráter geral em livros científicos temáticos, revistas com artigos nacionais e estrangeiros, teses académicas, relatórios técnicos de diversos organismos, jornais locais e recursos eletrónicos. Constatou-se a existência de um elevado número de estudos, pelo que foi necessário atualizar os elementos encontrados e efetuar grande seleção dos dados existentes.

### **2.2 Métodos de campo**

#### **2.2.1 Execução de perfis topográficos transversais de praia**

Foram efetuados perfis topográficos na praia adjacente à foz do Mondego, mais propriamente, do Farolim de Buarcos até à Bola de Nívea. No intervalo

temporal de análise, verão de 2011 (junho a setembro), realizaram-se 8 perfis topográficos transversais de praia.

Para a execução dos perfis utilizou-se uma régua de 2 m com um nível para assegurar a horizontalidade da mesma, no momento em que é medido o desnível vertical. Este processo inicia-se no ponto fixo terrestre de monitorização e prolonga-se perpendicularmente à linha de costa até alcançar, se possível, o Zero Hidrográfico (figura 2).

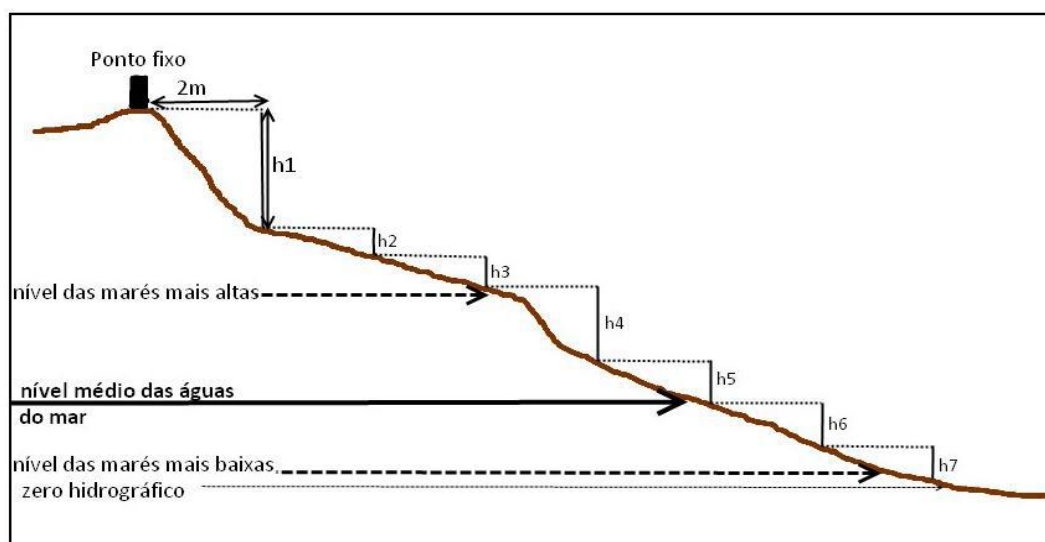


Figura 2 – Metodologia para a construção de perfis de praia (adaptado de King, 1980).

Para pontos fixos de referência nos locais de realização dos perfis usaram-se estacas de madeira, espetadas de modo a que ficassem suficientemente visíveis, isto é, de forma a serem facilmente encontradas mas, enterradas o suficiente para não serem facilmente arrancadas. Tentou-se ainda aumentar a “segurança” da estaca, colocando mais estacas para terra, com as respetivas distâncias e desníveis relativos anotados.

Decidiu-se usar para intervalo entre monitorizações uma periodicidade mensal. Os registos topográficos foram realizados em situação de baixa-mar de marés-vivas. Os valores medidos foram introduzidos numa folha de cálculo e tratados de forma a permitir a projeção gráfica do perfil de praia correspondente, assim como, a calibração desse perfil com todos os outros perfis realizados. Foram também registadas fotograficamente, as alterações observadas na morfologia

das praias durante o intervalo temporal de análise (Mendes, 2010).

A análise de outras informações de diversa índole, em especial, ondulação, marés, condições de agitação (altura e rumo das ondas) permitiram interpretar a evolução morfodinâmica no período de monitorização.

### **2.2.2 Recolha de sedimentos**

De modo a possibilitar o estudo da relação da forma topográfica com a granulometria, os sedimentos amostrados foram coletados na camada mais superficial possível, para caracterizar a dinâmica sedimentar no momento da recolha. Foram recolhidos ao longo dos perfis de praia, em média dez amostras (uma amostra correspondia ao início do perfil, outra foi recolhida na proximidade da linha de água, na baixa-mar e as três restantes pertenciam a pontos intermédios). Foram registados fotograficamente alguns sedimentos de praia *in situ*, de forma a ilustrar as diferenças nas granulometrias das areias de praia.

### **2.2.3 A agitação marítima**

A avaliação da altura, do período médio de ondulação e da direção média (pico) da onda sobre a linha de costa foi feita a partir da recolha de dados do Instituto Hidrográfico - Boia Ondógrafo de Leixões, para cálculo do transporte de sedimentos e caracterização geomorfológica da praia. Estes foram coletados diariamente de junho a setembro de 2011.

#### **Determinação da altura da onda ( $H_s(m)$ )**

É o parâmetro que representa a energia da onda, sendo fundamental na quantificação dos processos costeiros.

#### **Determinação do período médio de ondulação ( $T_z(s)$ )**

O período é o intervalo de tempo, medido em segundos, para a passagem de duas cristas de onda sucessivas através de um mesmo ponto fixo. Para a observação a partir da praia, pode-se utilizar a zona de rebentação como ponto fixo e efetuar a contagem de cada onda no momento de rebentação (Cunha & Guerra, 1996).



### **Determinação da direção média da onda (dir)**

O objetivo desta observação é medir o ângulo que as ondas fazem entre a rebentação e a zona de espraiamento da onda na face da praia.

### **Determinação do sentido do vento**

Verifica-se ainda a direção do vento, a partir da recolha de dados do Instituto do Instituto de Meteorologia – informação costeira da Figueira da Foz.

## **2.3 Métodos de laboratório**

### **2.3.1 Análise granulométrica**

As análises granulométricas dos sedimentos foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia da Universidade de Coimbra. O objetivo das análises foi a obtenção dos parâmetros estatísticos dos sedimentos. Para o cálculo dos parâmetros estatísticos de distribuição (média, desvio padrão, assimetria e curtose), construção de histogramas e classificação textural, foram utilizados os programas SPSS e Microsoft Excel, onde os resultados foram comparados segundo os parâmetros propostos por Folk & Ward (1957) e Shepard (1973).

A análise granulométrica foi realizada através de uma coluna de crivos com intervalo de  $\frac{1}{2}$  Phi e tamanho mínimo de 63  $\mu\text{m}$ .

## **2.4 Sistematização e tratamento da informação recolhida**

A informação recolhida foi tratada de acordo com a sua tipologia.

Na análise dos perfis topográficos transversais à praia utilizou-se o programa Microsoft Excel 2007, que possibilitou a projeção dos dados obtidos no campo em gráficos ilustrativos dos perfis de praia para cada monitorização e o programa AutoCAD, para o cálculo das áreas correspondentes a cada perfil, obtendo-se a variação de área de perfis, possibilitando a obtenção do cálculo de volume sedimentar.

A cartografia foi georreferenciada e manuseada em software SIG, incorporando toda a informação recolhida no terreno, com o auxílio de um GPS.

### 3. Enquadramento da área de estudo

#### 3.1 Enquadramento geográfico e geológico do Estuário do Mondego

O Estuário do Mondego localiza-se na zona costeira do centro de Portugal, constituindo uma importante zona húmida. Ocupa uma área de 19 km de comprimento e 9 km de largura. É delimitado pelas paralelos do Cabo Mondego a Norte ( $40^{\circ} 10' N$ ) e de Alqueidão a Sul ( $40^{\circ} 05' N$ ); a ocidente e a oriente é delimitado pelos meridianos do Cabo Mondego ( $8^{\circ} 52' W$ ) e de Montemor-o-Velho ( $8^{\circ} 41' W$ ) (Figura 3).

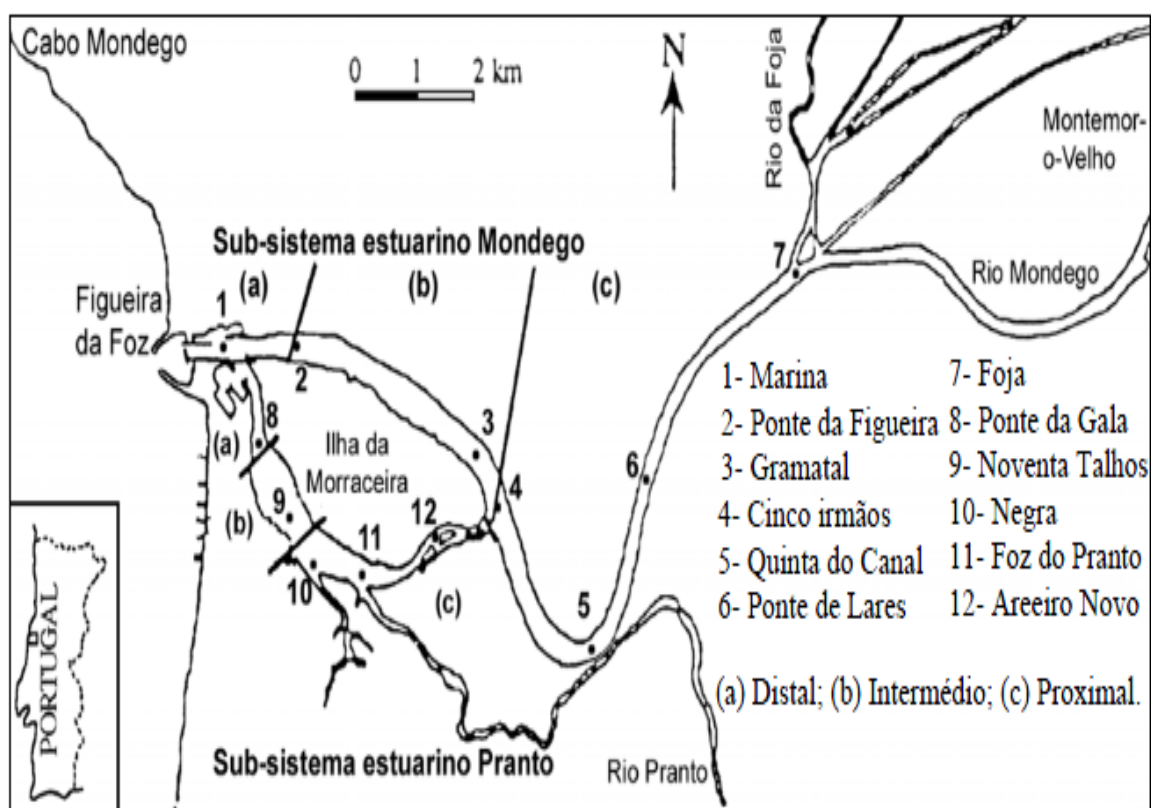
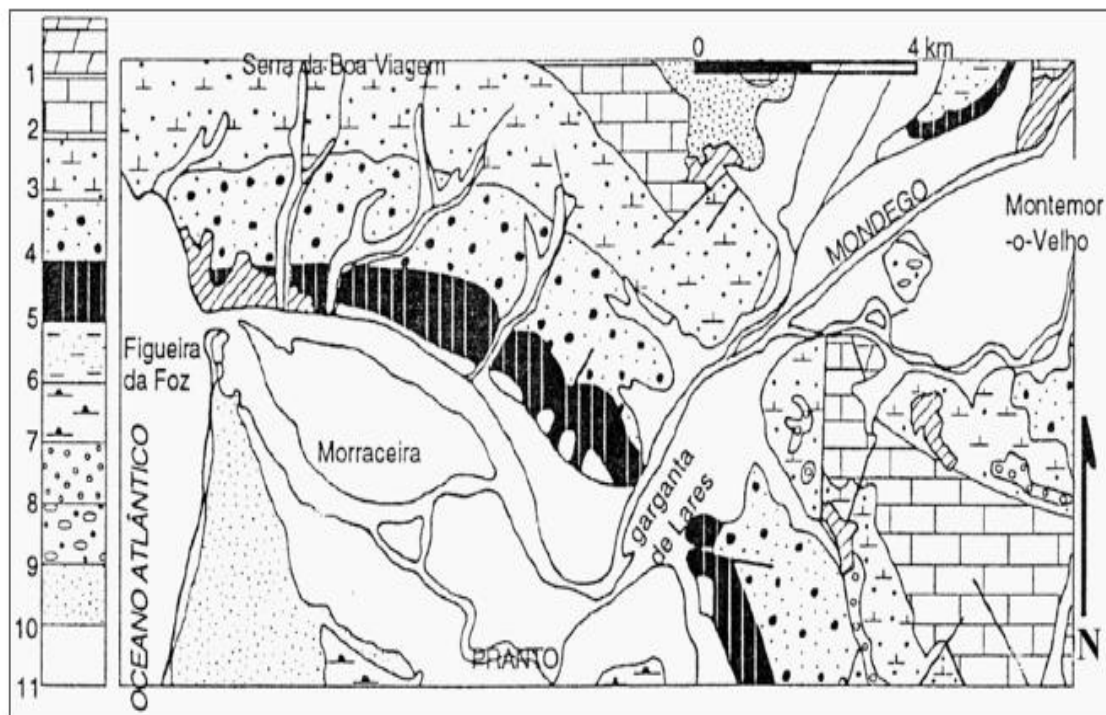


Figura 3 – Caracterização dos sub-sistemas estuarinos do rio Mondego (adaptado de Cunha, 1998).

Na envolvente do estuário do Mondego afloram rochas calcárias e siliciclásticas do Jurássico ao Quaternário (Figura 4).



**Figura 4** – Esboço geológico da área estudada, adaptado a partir de cartografia de Soares & Marques in Almeida *et al.* (1990). 1-Camadas de Coimbra; 2- Margas e Calcários margosos de S. Gião e Quaios+ Calcários de Póvoa da Lomba; 3- Calcários hidráulicos+ Calcários e margas+Arenitos de Boa Viagem; 4- Arenitos de Carrascal; 5- Calcários de Costa de Arnes; 6- Arenitos Finos de Lousões+Grés Grosseiro Su+erior+ Areias e Argilas de Taveiro; 7- Formação de Bom Sucesso; 8- Depósitos de Santa Luzia e Arazede; 9- Terraços fluviais; 10- Areias eólicas; 11- Aluviões, sedimentos estuarinos e faixa de praia.

As principais estruturas tectónicas são o anticlinal falhado de Montemor-o-Velho, o monoclinal associado ao cavalgamento da Serra da Boa Viagem e o anticlinal de Verride. A paisagem e particularmente o traçado do rio, refletem os controlos estruturais e litológicos. A planície estuarina varia em largura, função da consistência do substrato rochoso e das estruturas tectónicas associadas. Os materiais mais resistentes são essencialmente calcários do Jurássico Médio e Superior e do Cenomaniano-Turoniano. Rodeando a área estuarina, existem depósitos areno-cascalhentos plistocénicos entre a Salmanha e Lares (margem Norte) e também na margem Sul, nas imediações de Alqueidão (aos 30-40m de cota) e Lavos (25-40m) (Almeida *et al.*,1990).

O Estuário do Mondego constitui uma paisagem aberta e muito plana com altitudes inferiores a 10 m (Cunha *et al.*, 1997). Nos últimos 7,5 km do seu troço

divide-se em dois braços (norte e sul) que se juntam novamente a cerca de 1 km da embocadura, em frente da cidade da Figueira da Foz. Esta área compreende a Ilha da Morraceira, a zona entre o braço sul e o Rio Pranto (afluente que desemboca no braço Sul) e a zona a sul do braço Sul do Rio Mondego. O braço Sul possui zonas intermareais, sapais e caniçais e juncais. A Ilha da Morraceira e a zona a sul do Braço Sul compreende sapais, salinas e aquaculturas. A zona entre o braço Sul e o Rio Pranto engloba sapais, caniçais e arrozais.

O Estuário do Mondego está sujeito a um clima temperado de características mediterrânicas, com invernos suaves e chuvosos, contrastando com verões secos e quentes. Possui amplitudes térmicas diárias e sazonais muito pequenas, sendo mais ou menos influenciado pelo Atlântico (Arroteia, 1985). A visibilidade é boa excetuando os nevoeiros, mais frequentes nos meses de julho a setembro que se formam geralmente ao princípio da noite para se dissiparem até ao fim da manhã. O regime de ventos é muito irregular. A característica mais constante é o predomínio dos ventos do Norte (nortada) nos meses de verão (percentagem média de 33,3%) e de Noroeste. Os ventos de maior velocidade média pertencem ao quadrante SW, com maior frequência de velocidades superiores a 30 km/h (Ribeiro, 2006).

Na zona portuária as correntes atingem cerca de 4 nós<sup>1</sup> na vazante. Nas imediações do porto a corrente é de N com cerca de 1 nó podendo, no entanto, ser associada aos ventos, sobretudo de SW, chegando a atingir os 3 nós e a tornar-se perigosa (Ribeiro, 2006).

Na costa Noroeste portuguesa, a altura de onda significativa e o respetivo período são, em geral, entre os 2 m a 2,5 m e de 9 s a 11 s, maioritariamente provenientes dos quadrantes WNW e NNW, geradas por ventos no Atlântico Norte (Coelho, 2005).

---

<sup>1</sup> O valor convencional do nó (0,514 m/s), corresponde a uma milha náutica de 1852 m

## Capítulo II – Estuário do Mondego e litoral adjacente

### 1. Caracterização sedimentar do Estuário do Mondego

A zona estuarina propriamente dita (isto é, sujeita a intrusão salina) localiza-se no município da Figueira da Foz. Nessa área situa-se a bifurcação dos seus braços (norte e sul), separados pela Ilha da Morraceira, a cerca de 7,4 km da foz, que vão confluir a 1,3 km a montante da embocadura do estuário. Estes dois braços apresentam características hidrográficas muito diferentes e uma geomorfologia em permanente mutação, devida à ação contínua da maré e, sazonalmente, aos elevados caudais de cheia do Rio Mondego.

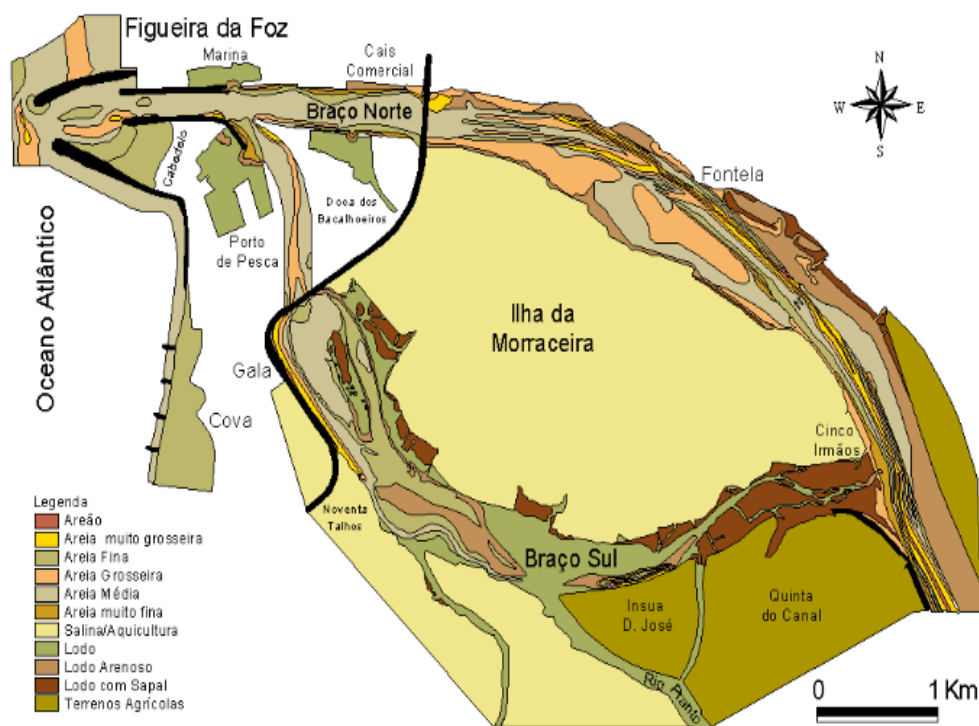
O braço norte é mais profundo que o sul (4 a 8 metros *versus* 2 a 3 metros, em preia-mar) e recebe o caudal fluvial do Rio Mondego, que é controlado pelo Açude-Ponte de Coimbra e pelas aflúências dos Rios Ega, Arunca e Foja. O braço norte é o principal canal de navegação, tendo por isso sofrido diversas obras de regularização e aprofundamento ao longo do seu leito e de enrocamento das margens, com o objetivo de melhorar as suas condições de navegabilidade. O braço sul tem uma profundidade de 2 a 4 m em preia-mar, para uma amplitude de maré de 2 a 3 m (Cunha et al., 1997; Pardal, 1998; Cunha & Dinis, 2002; Duarte et al., 2002).

Ao longo dos últimos anos o assoreamento do braço sul, resultante da deposição de sedimentos fluviais e marinhos (Pardal, 1995, 1998; Cunha et al., 1997; Cunha & Dinis, 2002; Duarte et al., 2002), especialmente nas zonas mais a montante restringiu a comunicação entre os dois braços. A partir de 1998 a ligação foi parcialmente restabelecida ocorrendo agora durante a preia-mar, nomeadamente em marés de grande amplitude (Pardal & Marques, 1998).

Deste modo, até 1998 o fluxo fluvial do Mondego circulava quase na totalidade pelo braço norte. A circulação no braço sul dependia principalmente da influência mareal e do fluxo do rio Pranto, seu tributário, que é controlado por um sistema de comportas.

A diferença de profundidade entre os dois braços determina uma propagação mais rápida da maré no braço norte (Marques, 1989) (sub-sistema Mondego), provocando aí variações (diárias) de salinidade mais acentuadas (Almeida e Seabra-Santos, 1993). Segundo Cunha e Dinis (2001), a propagação da maré faz-se sentir até à zona de Montemor-o-Velho (24 km para montante da embocadura), no caso de caudais fluviais de estiagem e em maré viva.

No braço sul (sub-sistema Pranto) são maiores as variações de temperatura principalmente devido à sua menor profundidade e caudal (Marques, 1989; Marques *et al.*, 1993 a, b; Flindt *et al.*, 1997). Estas diferenças a nível hidrodinâmico refletem-se também nas características dos sedimentos constituintes dos dois braços. Assim, o sub-sistema Mondego caracteriza-se por sedimentos com uma granulometria mais grosseira, em função do seu elevado hidrodinamismo (Duarte & Reis, 1991, 1993; Cunha *et al.*, 1997). O sub-sistema Pranto é constituído essencialmente por sedimentos vasosos, característicos de áreas com maior estabilidade e de menor hidrodinamismo (Duarte, 1990; Cunha *et al.*, 1997) (Figura 5).



**Figura 5** - Carta de sedimentos do estuário do Mondego (desenho de Mendes, 2002 , adaptado de Cunha *et al*, 1997).

O rio Mondego tem sido submetido desde os anos 60 a modificações de carácter estrutural, no âmbito da produção de energia, abastecimento de água, indústria, agricultura e regulação do caudal do rio (Cunha et al., 1997; Marques et al., 1999). O regime hidrológico do rio Mondego era extremamente irregular, pelo que inundações frequentes ocorriam na extensa planície aluvial do Baixo Mondego, de forte potencial agrícola (Martins, 1940; Marques *et al.*, 1999). Procedeu-se então à regularização dos seus caudais, construindo-se diversas barragens e confinando-se o trajeto do rio, entre Coimbra e Figueira da Foz, num leito artificial. As obras do porto comercial da Figueira da Foz, têm um impacto importante no estuário, principalmente no que respeita ao seu leito, caudal e dimensões, além de uma perturbação física dos fundos, causada pelas dragagens de modo a facilitar a navegabilidade no local (Marques et al., 1993 b; Pardal et al., 1993).

A Ilha da Morraceira foi outrora uma planície lodosa intermareal, progressivamente ocupada por vegetação (Cunha *et al.*, 1997). Com a ocupação do estuário, esta ilha foi primeiramente, utilizada como um local de pastagem e de cultivo de milho. A partir do século XVI, começaram a surgir as primeiras saliniculturas (Arroteia, 1985), uma atividade não poluente, que se tornou típica da região e, que ainda permanece. Durante as últimas décadas, tem vindo a assistir-se a um franco declínio desta atividade, em contraponto com o florescimento de pisciculturas, que se encontram em desenvolvimento no estuário e que se revestem de elevada importância económica.

A área onde o estuário do Mondego se insere é caracterizada por uma importante componente agrícola, principalmente vocacionada para o cultivo de arroz e milho. Como consequência desta atividade são lançadas nas águas do estuário grandes quantidades de fertilizantes, principalmente a partir do rio Pranto. O caudal deste rio é controlado por um sistema de comportas construídas com o intuito de impedir a entrada da água salgada e controlar a quantidade de água doce nos campos de cultivo. Quando as comportas são abertas ocorre a descarga de uma grande quantidade de água doce rica em nutrientes, diminuindo drasticamente a salinidade no estuário. A irregularidade

das descargas provenientes do rio Pranto, que se encontram dependentes da pluviosidade, é considerada uma das causas dos processos de eutrofização verificados nas últimas décadas no braço sul do estuário (Pardal et al., 1993, 2000; Flindt et al., 1997; Pardal, 1998; Lillebø et al., 1999; Martins et al., 2001). Contudo, e apesar de todas as pressões exercidas, o braço sul encontra-se menos alterado e menos afetado pelas atividades humanas (Marques et al., 1984, 1993 a, b, 1994, 1997, 1999; Marques & Guilhermino, 1988 a, b; Marques, 1989; Marques & Nogueira, 1991; Pardal et al., 1993, 2000; Pardal, 1995, 1998; Martins, 1995; Cabral et al., 1996, 1999; Lillebø, 1996, 2000; Múrias et al., 1996; Flindt et al., 1997; Martins et al., 1997, 2001; Pardal & Marques, 1998; Lillebø et al., 1999; Lopes, 1999; Lopes et al., 2000; Cardoso, 2001; Ferreira, 2001; Cardoso et al., 2002; Dolbeth et al., 2003; Lillebø et al., 2003).

## **2. Evolução do litoral e erosão costeira**

### **2.1 Definição de linha de costa**

Não existe uma definição precisa do que se entende por “zona costeira”. Esta pode referir-se a áreas de bacias hidrográficas que drenam diretamente para o mar ou à parte aquática contígua à plataforma continental. No entanto, é mais comum considerar que as zonas costeiras são faixas, relativamente estreitas, que integram porções terrestres e marinhas ao longo da linha de costa (The World Bank, 1994).

O documento produzido pelo Grupo de Trabalho das Bases para a Gestão Integrada da Zona Costeira Nacional (MAOTDR, 2006), descreve como previsível o uso indiferenciado destas designações, avançando que a justificação para tal, reside, não só no objetivo que se considera, mas também porque a realidade física é muito variável em termos espaciais. Assim, a dinâmica nesta interface entre a terra e o oceano é quase sempre incompatível com a rigidez imposta por limites, qualquer que seja a sua ordem de grandeza. Tendo presentes estas considerações, os autores deste documento avançam com propostas de definição de “litoral”, de “zona costeira”, de “orla costeira” e de “linha de costa”. Entende-se então a zona costeira como uma “porção de



território influenciada direta ou indiretamente em termos biofísicos pelo mar (ondas, marés, ventos, ou salinidade) e que pode ter para o lado de terra largura na ordem quilométrica, estendendo-se, para o lado do mar, até ao limite da plataforma continental”.

Mais recentemente, no âmbito dos estudos do Quadro de Referência Ambiental do PROT Centro (PROT, 2007), discutem-se cinco cenários de delimitação da zona costeira em estudos de índole regional. O primeiro cenário integra o exposto no relatório “The Changing faces of Europe’s Coastal Areas” (EEA, 2006), que considera o limite terrestre da cartografia do Corine Land Cover 2000 como linha de costa. A zona costeira é delimitada por uma faixa cujos limites distam da linha de costa 10 km para o lado terrestre e 10 km para o lado marinho. O segundo cenário assume a perspetiva da homogeneidade espacial do território desenvolvendo-se em terrenos da orla onde as cotas raramente ultrapassam os 100 m. Deste modo, entende-se como zona costeira toda a vasta planície de areias marinhas e dunares que acompanham a linha de costa até à cota dos 100 m. As dinâmicas territoriais de ordenamento e gestão municipal são o suporte para a delimitação do terceiro cenário. O princípio subjacente é que as políticas de ordenamento à escala municipal influenciam o desenvolvimento da zona costeira. Assim, o seu limite é flexível variando com os limites territoriais dos concelhos costeiros. As características biofísicas do território são fundamentais no ordenamento e desenvolvimento da zona costeira e, conseqüentemente, na sua definição. O quarto cenário propõe uma delimitação da zona costeira assente na presença de ecossistemas característicos destas áreas: dunas e areias eólicas, estuários e zonas húmidas ou matas litorais que se estendem para o interior do território numa faixa cuja largura poderá variar entre os 2 e os 10 km. O quinto e último cenário integram a perspetiva dos Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC), onde a zona costeira surge definida por uma faixa ao longo do litoral, designada por “zona terrestre de proteção”, cuja fronteira é imposta por uma linha que dista 500 m do limite da margem das águas do mar (representado pela linha máxima de preia-mar de águas vivas equinociais) e pela batimétrica dos 30 m, pelo lado terrestre e marítimo respetivamente (Pinto, 2008).

## 2.2 Fatores que contribuem para a evolução do litoral

Os litorais são sistemas altamente complexos. Sendo definidos como interface múltipla entre a geosfera, a hidrosfera, a atmosfera e a biosfera, a complexidade é reforçada pelos variados subsistemas das esferas referidas que se intercetam na zona costeira. Por exemplo, para a geosfera referem-se as interinfluências entre a deriva litoral, o fornecimento sedimentar proveniente das bacias hidrográficas, a granulometria e composição das partículas sedimentares, as relações de dependência sedimentar com a plataforma continental, a intensidade e direção do transporte eólico, os condicionamentos impostos por afloramentos rochosos costeiros e o tipo de litologias e estruturas que os caracterizam ou, ainda, as taxas de subsidência ou emergência locais e regionais (Dias, 2004).

Associada à referida complexidade, verificou-se, ao longo do século XX, o acréscimo de dois fenómenos absolutamente incompatíveis: a intensificação da construção no litoral e a amplificação da erosão costeira. O resultado foi a geração de problemas cuja resolução é extremamente difícil, ou mesmo, em muitos casos, impossível, com consequências económicas, sociais e ambientais de magnitude extremamente elevada (Dias, 2005). As ações naturais que mais influenciam o transporte sólido longitudinal são as ondas. O clima de agitação é maioritariamente definido pelo rumo de incidência e pela altura de onda.

Durante 1801-1860, a praia da Figueira da Foz cresceu a um máximo de 1,5m/ano; no período 1860-1910, retomou-se a posição de 1801; em 1910-1947, verificou-se tendência de estabilização; em 1947-1956, estimaram-se taxas máximas de 6,3 m/ano a norte da embocadura e de -3,4 m/ano (recuo) na zona a sul; durante 1957-1961 houve variação de -8,5 m/ano; de 1961-1969 ocorreu rápido avanço (45 m/ano), seguido de lento crescimento até 1982 (8,2 m/ano); durante 1982-2006 ocorreu estabilização da praia a norte da embocadura; no período 2006-2008 ocorreu erosão, seguida de estabilização. Atualmente a praia da Figueira da Foz sofre grandes alterações verificando-se grande crescimento a norte.

### **2.2.1 Ocupação do litoral**

Se os estuários e lagunas costeiras foram, desde sempre, objeto de intensa ocupação humana, já nos litorais arenosos oceânicos, por serem inóspitos, essa ocupação apenas se processou significativamente a partir de meados do século XIX, e com maior acuidade na segunda metade do século XX. A brusca intensificação da utilização das zonas costeiras ocorreu em simultâneo com o desenvolvimento de várias intervenções nas bacias hidrográficas e no litoral, cujos impactes se traduzem, regra geral, em diminuição do abastecimento sedimentar e conseqüente erosão costeira (Dias, 2005).

### **2.2.2 Diminuição da quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral**

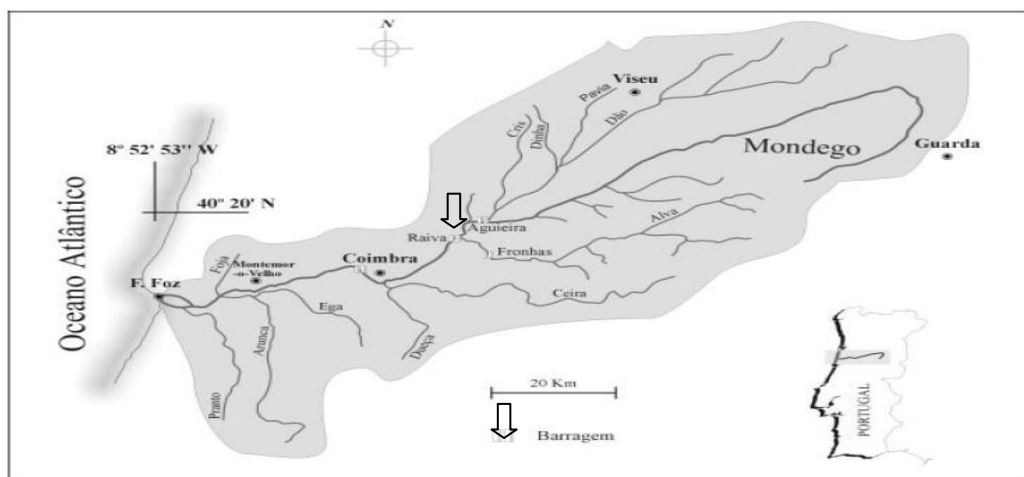
As descargas e a quantidade de sedimentos transportados pelos rios para os estuários e plataforma continental adjacente têm sido drasticamente modificados (Araújo *et al.*, 2010). Esta redução do volume sólido transportado pode dever-se a diversos aspetos, por exemplo relacionados com os aproveitamentos hidráulicos, com a artificialização das bacias hidrográficas e das margens dos rios e a canalização dos cursos de água (Coelho, 2005).

### **Barragens**

Um dos elementos inibitórios do transporte fluvial de areias mais relevante é constituído pelos aproveitamentos hidroelétricos e hidroagrícolas, isto é, pelas barragens (Mota Oliveira 1990, Oliveira *et al.* 1992, Veloso Gomes 1987, 1991, 1993, 1996 em Magalhães 1999, Dias 1990, Ferreira e Dias 1991, Teixeira 1994, Boski e Dias 1997 em Magalhães 1999).

A Figura 6 representa a bacia hidrográfica, bem como as barragens construídas no rio Mondego, que desagua na Figueira da Foz.

## Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente



**Figura 6** - O rio Mondego e principais afluentes, bem como as diversas barragens (retirado de Cunha, 2002, modificado de Marques *et al.*, 2002).

No decurso da fase de construção em que, por via de regra, são movimentados grandes volumes de inertes e efetuadas escavações importantes, a quantidade de sedimentos em trânsito no curso fluvial a jusante das obras aumenta de forma significativa.

Todavia, na fase de exploração, o fluxo fluvial perde competência transportadora ao atingir o setor montante da albufeira, aí depositando as frações mais grosseiras dos sedimentos (nomeadamente as areias que, mais cedo ou mais tarde, iriam abastecer o litoral). Assim, verifica-se que as barragens inibem quase por completo a passagem de areias para o troço fluvial a jusante (Dias, 1993).

A regularização dos cursos de água, ao controlar a ocorrência dos períodos de cheia, impede que grande quantidade de sedimentos, em trânsito no curso fluvial, se desloque para jusante das barragens. A diminuição do caudal fluvial e a perda da competência dos rios contribuem para que as frações mais grosseiras dos sedimentos (nomeadamente as areias e cascalhos que, mais cedo ou mais tarde, iriam contribuir para abastecer a orla costeira) se depositem em zonas mais a montante das bacias hidrográficas.

A construção de barragens também contribui para uma redução da área das bacias hidrográficas que é diretamente drenada para o mar, o que conduz a

uma diminuição significativa dos volumes sedimentares transportados por via fluvial. Aquela área, cuja drenagem direta para o mar foi inibida, é a que apresenta relevo mais acidentado. Considerando que as descargas das barragens, especialmente no decurso das cheias, não conseguem remobilizar de forma significativa as partículas arenosas (depositadas sobretudo a montante das albufeiras), para alguns autores, como Dias (1990), os aproveitamentos hidroelétricos e hidroagrícolas das bacias hidrográficas que desaguam em Portugal são responsáveis, provavelmente, pela retenção de mais de 80% do volume de areias que eram transportadas pelos rios antes da construção dos referidos aproveitamentos.

Um outro efeito de grande importância, resultante da regularização dos rios, é o da eliminação ou diminuição da intensidade das cheias. A maior parte das areias são exportadas da zona estuarina para a plataforma continental interna no decurso das cheias. Quanto maior é a cheia maior é o volume de sedimentos (nomeadamente de areias) transportados para o exterior. Eliminando, ou diminuindo, a ocorrência das cheias e dos picos de cheia, as barragens contribuíram para a diminuição do transporte sedimentar para a plataforma e, conseqüentemente, para o défice da alimentação da orla costeira.

Desde há séculos, que se têm realizado obras de defesa contra as inundações, por exemplo o leito do Baixo Mondego foi regularizado em 1984 (Costa, 2000). A albufeira criada pela barragem da Aguieira, a montante de Coimbra, amorteceu as cheias, permitiu diminuir o caudal de dimensionamento do leito regularizado. Além disso, retendo os sedimentos transportados pelo Mondego, possibilita que os sedimentos afluentes a jusante já sejam transportáveis pelo rio e não se depositem; evita-se, assim, a subida progressiva do leito do rio e dos próprios campos marginais.

### **Dragagens portuárias**

O progressivo aumento do calado dos navios veio aumentar as exigências no que se refere à estabilidade dos canais de navegação e das bacias de manobra, bem como à sua profundidade. Conseqüentemente, as obras de

dragagem para abertura, manutenção ou aprofundamento desses canais atingiram, progressivamente, maior amplitude (Dias, 2005).

As zonas dragadas ficam em desequilíbrio dinâmico, tendendo a ser assoreadas de novo a curto ou médio prazo, o que obriga a novas operações de dragagem. Em geral, quando as zonas dragadas se localizam na parte externa do estuário, acabam por ser colmatadas com areias provenientes da deriva litoral. Assim, estas dragagens não só diminuem ou inibem a transferência de areias para o litoral, como retiram à deriva litoral parte dos volumes nela interessados. Por outras palavras, frequentemente as operações de dragagem não só são responsáveis pela inibição do abastecimento sedimentar litoral, como ainda retiram do trânsito litoral parte das areias que aí transitam (Dias *et al.*, 1994)

A contínua extração de areia na embocadura do Mondego e as dragagens portuárias (cerca de 500000 m<sup>3</sup>/ano, de 1989 a 2006; Cunha *et al.*, 1998; Cunha, 2000) têm contribuído para o défice sedimentar e erosão no litoral a sul da embocadura. Contudo, a partir de 2007 a totalidade dos sedimentos removidos para a manutenção da acessibilidade marítima tem sido depositada na costa imediatamente a sul da foz. Na década de 90 e até à atualidade, a estrada marginal tem sido galgada pelo mar durante temporais, sobretudo com forte ondulação de SW. A erosão durante 2006-2008, deveu-se a o rumo médio da ondulação ter estado mais rodado para W (Cunha & Dinis, 2008).

### **Outras intervenções antrópicas**

Desde sempre que intervenções antrópicas várias, especialmente as desmatações e desflorestações e a agricultura, causaram interferências na evolução costeira natural, principalmente devido a incremento da erosão do solo e consequentes alterações no abastecimento sedimentar (Dias, 2005).

A atividade humana pode ser considerada como um fator externo que perturba e altera os sistemas naturais e, em muitas situações, é óbvia a incompatibilidade dessas alterações com os processos espaço-temporais que caracterizam os sistemas costeiros. Devido à "descoberta" das potencialidades

turísticas do troço litoral, assiste-se, desde há algum tempo, à construção de edifícios e infraestruturas de suporte, muitas vezes de forma anárquica e desordenada. Este facto tem originado efeitos adversos, como a forte pressão urbana e turística sobre as praias e dunas e a degradação das formas litorais, pela abertura de novos acessos e crescimento desarticulado com a envolvente (Boto *et al.*, 1997).

Entre as muitas ações que contribuem para a degradação dos sistemas naturais podem referir-se: 1) o pisoteio das dunas que, destruindo o coberto vegetal, propicia o aparecimento de corredores eólicos e assim facilita os galgamentos oceânicos; 2) o aumento da escorrência, devido às regas dos campos agrícolas adjacentes aos sistemas dunares, a qual provoca, geralmente, erosão muito forte e intensifica os fenómenos de ravinamento; 3) a construção de estradas paralelas aos sistemas dunares e a construção de edifícios no topo das arribas, a qual aumenta a impermeabilização do solo e as pressões exercidas, induzindo vibrações conducentes a movimentos de massa das areias pela ação da gravidade; 4) e as explorações de areias que destroem por completo as formas naturais e que, frequentemente, deixam zonas deprimidas que são inundadas no decurso de temporais e conduzem à intensificação da erosão, propiciando recuos locais muito elevados, por vezes durante uma única tempestade (Boto *et al.*, 1997).

### **2.2.3 Obras de engenharia costeira**

#### **Estruturas portuárias**

As estruturas portuárias (embora necessárias para propiciar a entrada segura de navios nos portos) induzem acumulação de sedimentos na zona a barlamar da deriva litoral e erosão costeira a sotamar, sendo causadores de parte da erosão costeira que se verifica em Portugal (Dias, 2005).

A praia da Figueira da Foz é um exemplo claro dessa situação, como pode ser verificado através da figura 7 que ilustra o tempo em que o mar batia no Forte de Santa Catarina, forte construído na foz do rio Mondego. Com a construção do molhe norte do porto a praia cresceu a norte deste (Rebello, 2006)



**Figura 7** – Figueira da Foz – Forte de Santa Catarina, foz do Mondego (1951). Fotografia da Coleção particular de Jorge Dias (Rebelo, 2006)

### **Obras de proteção costeira**

Fundamentalmente, as obras de defesa costeira são de três tipos: obras transversais (como os esporões), obras longitudinais aderentes (como os paredões), e obras destacadas (como quebra mares). Todas elas, regra geral, têm consequências para o troço litoral em que são implantadas. Efetivamente, basta o fato de se tratar de estruturas estáticas, rígidas, inseridas num meio que é profundamente dinâmico (o litoral), para causar perturbações profundas nesse meio. Acresce, ainda, que tais estruturas têm, regra geral, como objetivo, tornar estáticas (ou o menos dinâmico possível) partes importantes do litoral (Dias *et al.*, 1994).

As estruturas transversais, tipo esporão, interrompem temporariamente o trânsito litoral de areias, conduzindo a acumulação a norte e a erosão mais intensa a sul. Na Figura 8 podemos observar a evolução da instalação de um campo de esporões.

Quando a acumulação a norte preenche o comprimento do esporão, se este é longo, a corrente é defletida para o largo e transporta parte das areias para profundidades onde, por vezes, dificilmente são reintegradas na circulação costeira. Pode-se verificar, assim, perda de areias no sistema litoral. Devido à erosão que provocam a sul, com frequência outras edificações são colocadas



em risco, pelo que, na maioria dos casos, não existe apenas um esporão, mas sim um campo de esporões (Dias, 2005).

Na prática, os esporões são de eficiência parcial pois têm um tempo de vida relativamente curto. Vários agentes podem danificar este tipo de estruturas, em especial as ondas, afetando diretamente a sua estabilidade e podendo conduzir à queda, ou deslocamento dos seus blocos e, mesmo, à ruína da estrutura. A determinação da agitação marítima é, por isso, um parâmetro fundamental no cálculo da estabilidade destas estruturas, a qual contribui para a maior duração do seu tempo útil.

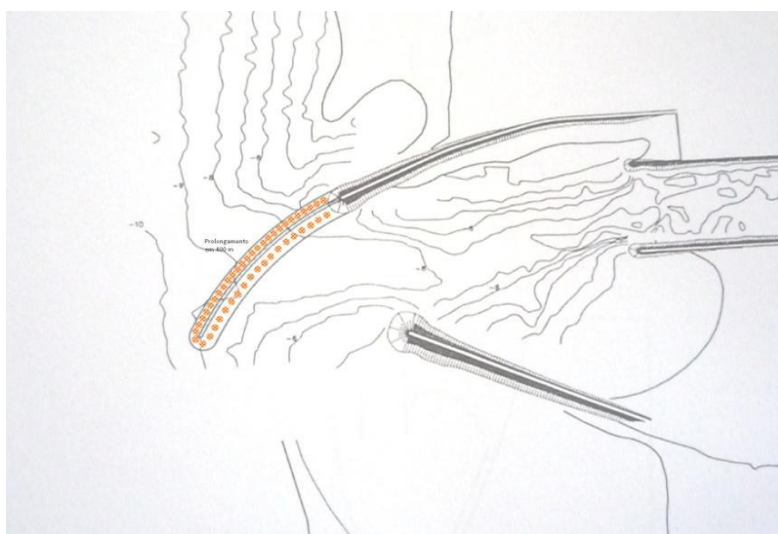
As estruturas longitudinais aderentes, são construídas para receber e dissipar a ação energética das ondas. No entanto, tornam a costa mais refletiva, pelo que as ondas tendem a atacar a costa com mais energia, desenvolvendo-se, com frequência, correntes de retorno, com elevado poder. Nestes casos, a praia vai adquirindo progressivamente declive mais acentuado, o que, pode provocar o desfalcamento da estrutura e o seu conseqüente colapso. Por outro lado, estando a costa em recuo, estas estruturas definem zonas cada vez mais protuberantes, acabando por ter os mesmos efeitos dos esporões (Dias, 2005). No caso da área em estudo, as estruturas longitudinais são contemporâneas dos esporões.

De forma análoga, as estruturas destacadas dissipam a energia das ondas. Por efeito da difração das ondas nas extremidades, acabam por formar tómbolos (rudimentares ou completos), sendo frequentemente por essa razão que são construídos, pois tal confere proteção eficaz às edificações. Porém, no que se refere ao trecho costeiro em que são implantados, este fica bastante debilitado na zona a sul, porquanto estas estruturas acabam por induzir impactes semelhantes aos dos esporões e dos paredões (Dias, 2005).

Os molhes e quebra-mares dos portos têm, essencialmente, como função modificar as condições oceanográficas locais (por forma a tornar mais segura a entrada do porto e a própria zona portuária) e modificar as condições da

dinâmica sedimentar (por forma a fixar canais de navegação e minimizar o assoreamento). Se vistas pelo prisma do desenvolvimento económico, estas obras são importantes para o porto, mas quando analisadas pelo prisma ambiental, constituem perturbadores irreversíveis da dinâmica do litoral. Segundo Dias (1993), modificam, as condições locais da deriva litoral, induzindo fenómenos de difração, refração e reflexão da agitação marítima ao funcionamento do sistema litoral. Frequentemente, as correntes de deriva litoral divergem para o largo, levando à deposição de areias para profundidades em que dificilmente são remobilizadas, o que se traduz numa diminuição da deriva litoral nesse troço costeiro. Também interrompem, quase por completo, a deriva litoral (pelo menos até completa saturação da capacidade de retenção do molhe), o que tem consequências negativas para o litoral a sul dos molhes (ex. Mendes, 2010).

Os molhes portuários da Figueira da Foz, concluídos em 1965, tiveram como função fixar a embocadura do rio Mondego, de forma a possibilitar o desenvolvimento do porto da Figueira da Foz. Passadas quatro décadas, foi realizado o prolongamento do molhe exterior norte que visou minimizar (Figura 8): o assoreamento da barra e canal de acesso ao porto, com repercussões sobre as condições de navegação; a agitação marítima no cais comercial (Estudo de Impacte Ambiental, Resumo Não Técnico – EIA, RNT: 2004).



**Figura 8**– Prolongamento do molhe Norte em 400 m, assinalado a laranja, com rumo sensivelmente SW e raio de curvatura 590 m (Projeto das Obras-Memória descritiva, 2006).

De forma a determinar o potencial efeito nos aspetos hidrodinâmicos nas águas estuarinas do Mondego, devido ao prolongamento do molhe Norte em 400 m, foram efetuadas duas campanhas (Prolongamento do molhe norte do porto da Figueira da Foz, Relatório de demonstração do cumprimento das disposições da DIA na fase de construção, IPTM, DSIA/DAOP , maio de 2011) uma das quais antes do início dos trabalhos de mar (setembro de 2008) e outra após a sua conclusão (setembro de 2010), no verão marítimo, sem chuva e com tempo estável, e compreendendo as situações de preia-mar e de baixa-mar. Foram adotados os 3 pontos de amostragem previstos no RECAPE e ECR: ao longo do estuário do rio Mondego (um a jusante da Ilha da Murraceira, um no braço Norte do rio Mondego, e outro no braço Sul do rio Mondego).(Figura 9)



**Figura 9** - Localização aproximada dos pontos de amostragem. Fonte: RECAPE, elaborado pela AGRIPRO / PROMAN

Foram efetuadas medições de velocidade de corrente. Foi avaliada a variação na coluna de água do pH, temperatura, condutividade elétrica, potencial de oxidação – redução, oxigénio dissolvido e turvação. Foram determinados os teores em silte e em argila.

De entre as conclusões do relatório, salienta-se a constatação da ocorrência de alterações significativas na carga sólida e no transporte de carga sólida em suspensão nas águas estuarinas, principalmente na situação de baixa-mar de setembro de 2010.” (Prolongamento do molhe norte do porto da Figueira da

Foz, Relatório de demonstração do cumprimento das disposições da DIA na fase de construção, IPTM, DSIA/DAOP , maio de 2011)

### 2.3 Processos costeiros

A orla costeira está permanentemente sujeita a fenómenos dinâmicos. A erosão costeira resulta de um conjunto de processos complexos que têm lugar na orla costeira, cuja dinâmica envolve escalas temporais muito distintas entre si, como se pode verificar na Tabela 1.

A Tabela 1 apresenta uma listagem de processos costeiros que ocorrem em diferentes escalas temporais, desde milénios até segundos, evidenciando a dinâmica a que a orla se encontra sujeita. Os processos humanos têm um papel preponderante na ocorrência de determinados fenómenos costeiros, provocando ou acentuando alguns processos costeiros, alterando desta forma, a dinâmica natural da orla costeira.

Tabela 1 – Escalas temporais de ocorrência de alterações costeiras (adaptado de Beatley et al., 2002)

Escala Temporal	Processos Humanos	Processos Costeiro
Milénios		Resposta do nível do mar aos ciclos glaciares e ao aquecimento global
Séculos	Estabelecimento de aglomerados costeiros e de modelos industriais	Formação e erosão de cabos; rotação de ilhas barreira
Décadas	Impactos de planos de engenharia e gestão costeira; poluição	Geração e perda de habitats
Anos	Impactos de planos de engenharia e gestão costeira; poluição	Deriva ao longo da costa; erosão e acreção de praias
Meses	Impactos do turismo; poluição	Variações sazonais; perfil de praia
Semanas	Impactos do turismo; trabalhos urgentes de protecção costeira; poluição	Perfil de praia; ciclos de maré
Dias	Trabalhos urgentes de protecção costeira; poluição	Tempestades e sobre-elevações extremas do mar; formação ou fecho de enseadas
Horas	Descargas de esgotos ou lixos	Ciclos de maré; tempestades e sobre-elevações extremas do mar e ventos
Minutos	Lixos	Ondas e correntes
Segundos		Transporte sedimentar (vento e água)

A avaliação e quantificação da dinâmica costeira podem ser realizadas com recurso a alguns dos métodos que se referem de seguida.

### **2.3.1 Posição da linha de costa**

O uso de tecnologias de geoinformação na análise do fenómeno de erosão costeira consiste na aquisição, no processamento, na interpretação e na análise de dados topográficos. Envolve as seguintes tecnologias: GPS (Sistema de Posicionamento Global), cartografia digital, tecnologias de SIG (Sistema de Informação Geográfica), levantamentos aéreos ou orbitais, entre outros. Após o processamento dos dados obtidos em campo em diferentes datas, é possível verificar o avanço ou recuo da linha costeira ao longo de determinado período (Mendes e Pinho, 2008). O processo de extração das linhas de costa foi elaborado com base em dois limites interpretados, como indicadores da posição da linha de costa: a linha entre a areia seca e a areia molhada (Figura 10).

### **2.3.2 Perfil de praia**

Um outro método de monitorização de evolução da linha de costa baseia-se no perfil de praia, que traduzir a forma da praia para um determinado estado de agitação constante e determinada granulometria da areia. Num período de tempo em que o regime de agitação se apresente constante, é possível estimar, através de modelos matemáticos teóricos, o perfil de praia resultante. Esse perfil de praia só deixará de ser válido quando o regime de agitação ou a granulometria da areia se alterarem. Vários autores propuseram formulações que pretendem modelar este perfil. A análise do estado de erosão de um determinado trecho consiste na comparação do perfil atual com o perfil teórico, permitindo concluir-se se o trecho se encontra em erosão ou em acreção (Mendes e Pinho, 2008).

Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente



Legenda: — linha de costa (2003) — linha de costa (2006) — linha de costa(2009) — linha de costa(2011)

Figura 10: Linha de costa (imagem extraída do Google earth)

### 2.3.3 Ondas

A costa noroeste de Portugal continental está exposta à ondulação gerada no Atlântico Norte e, conseqüentemente, a agitação marítima na costa é caracterizada por componentes de geração distante, tendo as ondas, geralmente, alturas (H) e períodos (T) superiores aos que ocorreriam por simples ação do vento local. Durante o inverno e períodos de transição (outono e primavera), estas condições de agitação marítima estão associadas a áreas de geração no flanco NE do Anticiclone dos Açores ou a situações com circulação de NW pós-frontal ou depressionária, apresentando as ondas alturas de cerca de 2.5 m e períodos de 9 s. No verão, as ondas de NW estão associadas à situação meteorológica característica da época e ao regime de ventos. Nestas condições, a agitação marítima tem uma variação periódica diurna, com maiores alturas e períodos para o fim da tarde, os quais decrescem até ao fim da noite. São característicos os estados de mar com 1 a 1,5 m de altura e 7 a 8 s de período. A altura das ondas é superior a 1 m durante cerca de 95% do ano e superior a 4 m em 5% do ano. As condições de agitação marítima mais frequentes na costa ocidental são as de NW, ocorrendo em cerca de 80% do ano (Instituto de Meteorologia, 2004). O estado do mar, nestas condições, é resultante da ondulação de NW gerada no Atlântico Norte em latitudes mais elevadas, e da vaga associada aos ventos locais dominantes de N e NW. De verão, a onda de sudoeste é pouco frequente e, quando ocorre, a altura não excede, em geral, os 3 m (Ribeiro, 2006)

A ocorrência de tempestades de Oeste está relacionada com a descida da frente polar até às latitudes de Portugal, formando-se no Atlântico Norte áreas de geração com ventos de SW. Estas áreas de geração deslocam-se rapidamente para E, provocando ondulação forte ou muito forte de W que atinge a costa ocidental portuguesa. As perturbações frontais que atravessam a costa originam ventos, por vezes fortes, de SW e mar *grosso* ou *alteroso*. São características do período de inverno, ocorrendo, em média, cerca de uma vez por ano, originando agitação marítima (ondulação de W e vaga de SW) que geralmente atinge alturas de 8m e períodos da ordem de 16 s.

As características da ondulação para a zona de estudo (Tabelas 2 e 3 e Figuras

11 e 12) foram obtidas pelo cálculo da média estatística da altura significativa da onda e respetivo período (fonte: Instituto Hidrográfico)

**Tabela 2** - Alturas significativas da onda mais frequentes (%) registadas entre junho e setembro de 2011(fonte: Instituto Hidrográfico)

Hs(m)	0.0 - 1.0 m	1.0 - 2.0 m	2.0 - 3.0 m	3.0 - 4.0 m	≥ 4 m	Não registado
Junho	30	47	23	0	0	0
Julho	16	58	13	0	0	13
Agosto	42	48	10	0	0	0
Setembro	10	56,7	33,3	0	0	0

Durante o tempo deste estudo (junho a setembro), a altura significativa mais frequente foi de 1 a 2 m, tendo sido atingida a frequência mais elevada em julho (58 %) e a mais baixa em junho (47 %).

**Tabela 3** - Períodos da onda mais frequentes (%) registados entre junho e setembro de 2011

Ts(m)	0 – 5 s	5 -8 s	8 – 12 s	12 – 15 s	≥ 15 s	Não registado
Junho	17	70	13	0	0	0
Julho	23	58	6	0	0	13
Agosto	16	74	10	0	0	0
Setembro	3,3	56,7	40	0	0	0

Relativamente ao período analisado, o escalão mais frequente foi o de 5 a 8 s, embora em agosto a agitação marítima que atingiu a costa tivesse um período predominantemente (74%) compreendido entre 5 e 8 segundos (dados do ondógrafo de Leixões, IH).

Quanto à ondulação, verificou-se que o rumo mais frequente foi o de NW ondas mais altas foram observadas em setembro, atingindo uma altura máxima de 2,79m, enquanto que os valores mais baixos foram predominantes durante o mês de agosto, com valores mais baixos de 0,46m.



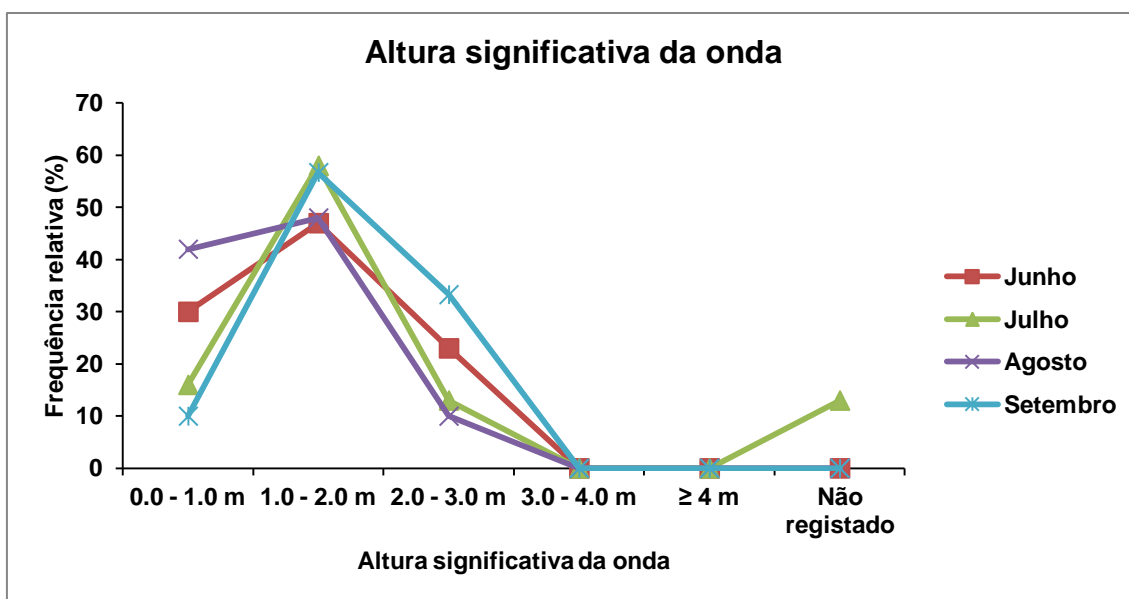


Figura 11 – Distribuição de alturas significativas da onda

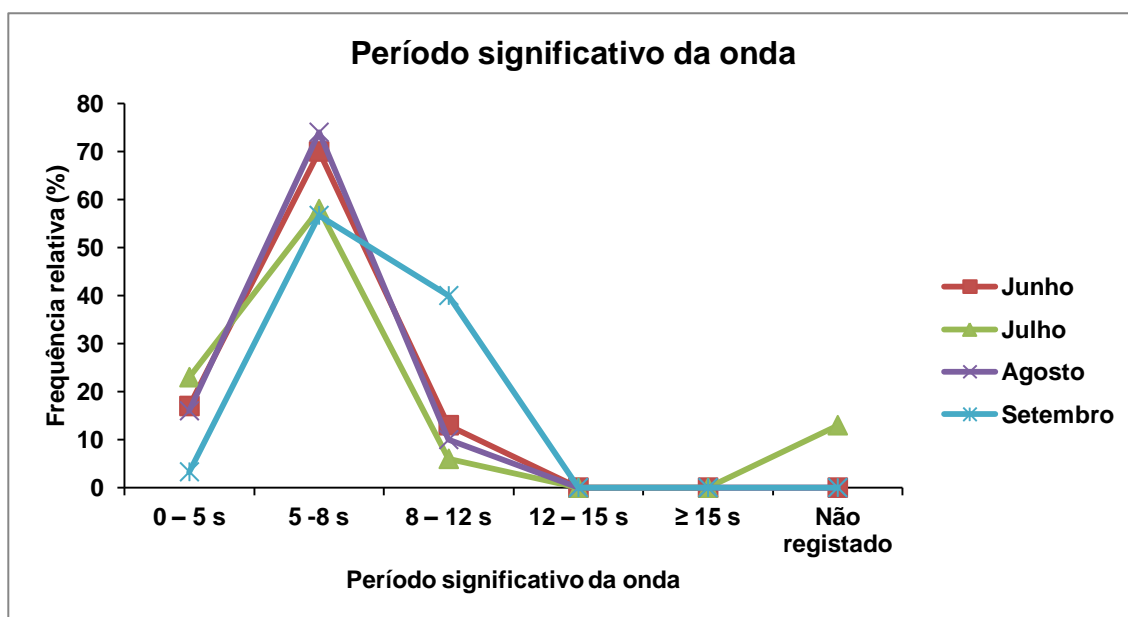


Figura 12 – Distribuição dos períodos significativos da onda

Os valores mais elevados do período ocorreram durante o mês de junho (Ts máximo de 9,9 s em junho) e os valores mais baixos durante agosto (Ts mínimo de 3,9 s)).

### 2.3.4 Marés e correntes de maré

A orla costeira do noroeste de Portugal integra-se no sistema anfidrómico do Atlântico Norte e localiza-se em zona de transição de mesomarés para macromarés. A amplitude das marés na costa portuguesa varia desde pouco mais de

1 m nas marés mortas até 4 m nas marés vivas (Instituto Hidrográfico, 2004). As marés são do tipo semidiurno, isto é, com duas preia-mares e duas baixamares diárias, propagando-se de sul para norte.

As oscilações do nível do mar originadas pelas marés são acompanhadas de movimentos horizontais de massas de água que se designam de correntes de maré. Estas correntes dependem da rotação da Terra, das características da maré que atinge a costa, da batimetria e da configuração da costa. As correntes originadas pelas marés desempenham um papel importante na dinâmica sedimentar das praias, principalmente nas zonas estuarinas e lagunares e nas desembocaduras dos rios. As correntes de enchente e de vazante das marés desempenham um papel importante na circulação e redistribuição de sedimentos em estuários, lagunas e praias arenosas, sendo responsáveis pela formação dos deltas de maré e outros bancos arenosos.

### **2.3.5 Sobrelevação de tempestade (*storm surge*)**

A sobrelevação do nível do mar resulta da ação conjugada de vários fatores, o mais importante dos quais é uma diminuição da pressão atmosférica ligada à passagem de uma depressão (ciclone). Em resposta à depressão atmosférica, o nível do mar sobe localmente, ocorrendo um empolamento e acumulação de água sobre a costa, originada geralmente pelo abaixamento brusco da pressão acompanhada por fortes ventos. Assim, numa situação em que o vento sopra com uma velocidade de 80km/h, durante doze horas, na direção de terra, a correspondente sobrelevação do mar será de 1 m (Paskoff, 1998). Esta subida é mais acentuada se houver coincidência com um período de marés vivas ou se houver efeito de ressonância, isto é, transferência de energia de ondas incidentes para ondas estacionárias, ligada à configuração da costa (meios confinados como, por exemplo, os estuários e as praias em concha).

Durante os períodos de tempestade, as ondas sobre-elevadas atacam a costa com grande intensidade, originando galgamentos marinhos que induzem mudanças morfológicas muito bruscas nas praias arenosas, tais como a destruição rápida de dunas e o recuo acentuado das arribas arenosas (processos erosivos) e a formação de leques de galgamento (processos

dominantes de acumulação).

### 2.3.6 Correntes de retorno

As correntes de retorno são fluxos de água, de largura reduzida, que se escoam da praia para o exterior da zona de rebentação da onda. As correntes de retorno são mais frequentes em praias arenosas onde são frequentes perfis de acumulação ou de erosão, expostas a ondas de altura elevada; quando as ondas são menores, elas são menos desenvolvidas, embora mais numerosas.

Quando as ondas quebram na praia, elas empurram a água acima do nível médio do mar (acumulação de um excesso de água contra a praia) sob a forma de ressaca e espraio. Quando, sob a influência da gravidade, a água retorna ao mar e encontra outra onda a quebrar é impedida de prosseguir pelo *efeito de barreira* temporário. O volume desta água armazenada acima do nível médio do mar aumenta à medida que outras ondas chegam, até que, num determinado ponto da praia, a *cabeça* hidráulica dessa água se torna maior que o espraio das ondas e se inicia o fluxo em direção ao mar sob a forma de corrente de retorno (Brenninkmeyer, 1982). Estas correntes de retorno (*rip currents*) ou *agueiros* podem ter forte intensidade e uma largura média de 15 a 30m (Paskof, 1998); geralmente atravessam a zona de rebentação, atrás da qual acabam por dissipar-se em pluma, embora outras possam continuar por centenas de metros. A força de uma corrente de retorno movendo-se, num canal, para dentro do mar tende a diminuir a altura e energia das ondas que chegam, contrariando o efeito de sua rebentação.

A diminuição da frequência de rebentação resultante, e a ocorrência de águas relativamente calmas à superfície de um canal de uma corrente de retorno, atraem banhistas que, pensando ter escolhido uma zona mais tranquila para o banho de mar, estão a cometer um erro que lhes pode ser fatal.

As correntes de retorno variam em comprimento, largura, profundidade, forma, velocidade e potência. A sua ação erosiva manifesta-se sobre fundos móveis (arenosos), onde cavam sulcos profundos e colocam a descoberto antigos depósitos. O transporte de areias por estas correntes, as quais se podem

depositar depois a grandes profundidades e longe da costa, pode contribuir para o *emagrecimento* das praias.

### 2.3.7 Vento

As condições meteorológicas predominantes em Portugal continental são resultantes da migração periódica anual da frente polar para norte no verão e para sul durante o inverno. No inverno, é atingido pelas depressões subpolares, com sistemas frontais provenientes de oeste, causando precipitações mais ou menos abundantes, temperaturas médias e mensais relativamente baixas, e ventos dominantes do quadrante oeste. Durante a aproximação e passagem dos sistemas frontais os ventos sopram de SW ou de S, os mais fortes estando associados a depressões muito cavadas. A descida da frente polar até às latitudes de Portugal, é responsável pela geração dos ventos de SW que assolam a costa ocidental, os quais sendo característicos durante o inverno, são reduzidos durante o resto do ano. Por vezes, surgem situações com predomínio de vento de NE ou de E e ar frio e seco, associadas à circulação de um Anticiclone continental.

Durante o verão prevalece uma situação meteorológica bastante estável, resultante da influência conjunta da crista NE do Anticiclone dos Açores e da depressão de origem térmica que se forma sobre a Península Ibérica, dominando o bom tempo, com céu limpo ou pouco nublado, reduzida precipitação, temperaturas altas, e vento fraco. Também se podem fazer sentir, com alguma regularidade, os ventos da *Nortada* na costa ocidental, quando o núcleo de altas pressões se associa com um núcleo de baixas pressões de origem térmica, que se forma no centro da Península Ibérica. As orientações dominantes da costa determinam a direção das brisas locais, com variação de periodicidade diurna, originadas pelo desigual aquecimento e arrefecimento das superfícies do mar e da terra. O efeito conjunto da circulação geral na região e das brisas locais de variação periódica diurna determina o regime de vento na costa. Os ventos predominantes na orla costeira ocidental são, geralmente, de N e de NW. Quando a circulação geral é calma (vento fraco), sopra uma brisa de W ou NW durante o dia, a qual aumenta de intensidade para o fim da tarde (Figura 13 e Figura 14).

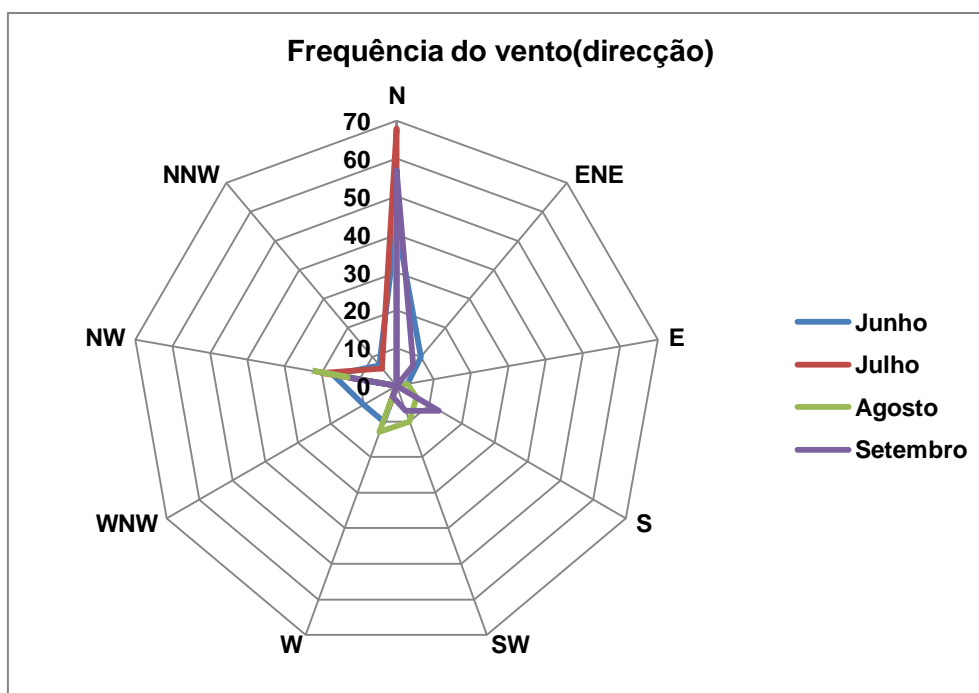


Figura 13 - Frequência (%)do vento na Figueira da Foz (dados do IM; junho a setembro; 2011)

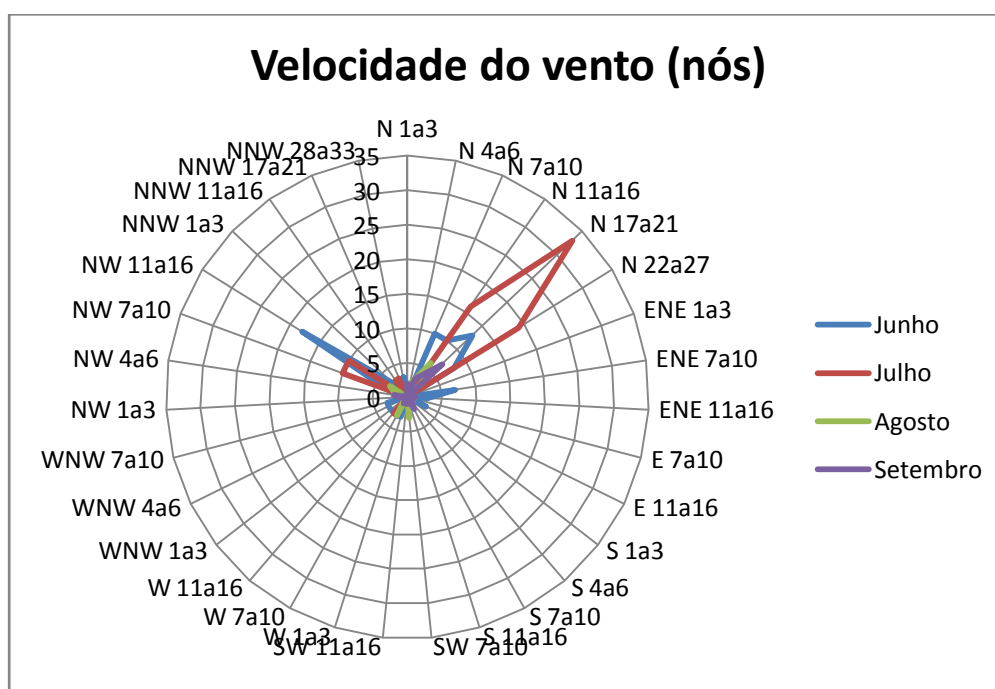


Figura 14- Velocidade média (nós) do vento na Figueira da Foz (dados do IM; junho a setembro; 2011)

Durante os períodos de nortada, grande volume de areias é remobilizado pelo vento, da berma e face da praia, e de dunas degradadas associadas a corredores eólicos, as quais invadem estruturas adjacentes às praias (estradas e passadiços).

## Capítulo III - Análise dos perfis topográficos transversais às praias

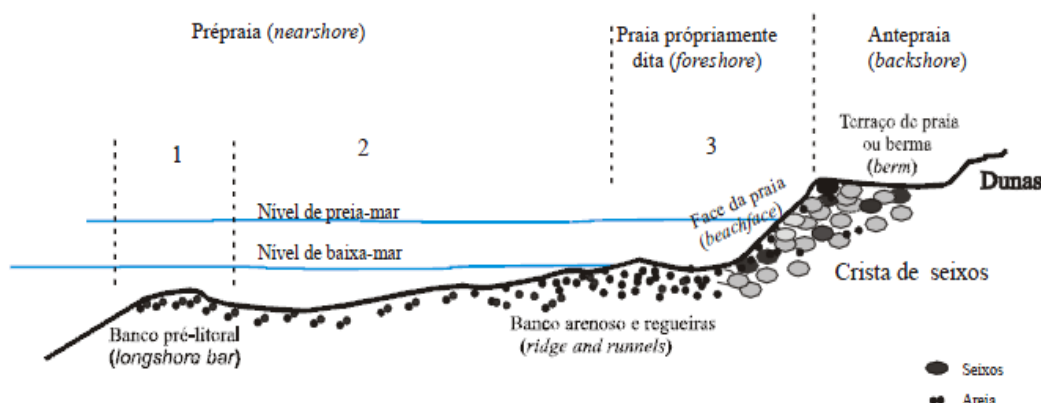
### 1. Morfodinâmica das praias

Com o objetivo de se obterem dados que permitissem caracterizar a morfologia da praia emersa, foram efetuados perfis topográficos entre o Farolim de Buarcos e a Bola de Nívea, tendo em conta o verão (junho, julho, agosto e setembro) de 2011 (Figura 15), aproximadamente um ano após o final das obras de prolongamento do molhe Norte do porto da Figueira da Foz. Para além da descrição dos perfis transversais e das suas variações, obtiveram-se dados relativos à variação de áreas ao longo do perfil e ao comprimento das formas associadas.

A caracterização das praias do litoral da Figueira da Foz foi efetuada com base em critérios morfológicos e hidrodinâmicos, nomeadamente aqueles que melhor descrevem a sua variabilidade sazonal. A terminologia utilizada neste trabalho, respeitante às unidades morfodinâmicas do perfil-tipo de praia, encontra-se na figura 16.



**Figura 15-** Localização dos perfis: 1 – Farolim de Buarcos; 2 - Bola de Nívea (Torre do Relógio - Figueira da Foz)



**Figura 16-** Terminologia usada para o perfil de praia. 1- zona de rebentação ( breaker zone ); 2- zona de ressaca ou de espalho (surf zone); 3- zona de espraimento (swash zone) (adaptado de Davis, Jr., em Schwartz, 1982).

Nas praias arenosas podem considerar-se as seguintes áreas com características morfodinâmicas e sedimentares diferentes:

1) Berma da praia: zona de reduzido declive, situada entre o limite inferior da duna frontal e um pequeno degrau de ligação à praia propriamente dita (crista da berma), e com largura variável. Só esporadicamente é atingida pela ondulação (em situações de marés vivas e tempestades), sendo a atuação dos processos eólicos determinante no transporte sedimentar que irá contribuir para a sua acreção vertical e para a formação das dunas embrionárias. A crista da berma representa o limite da berma situado do lado marinho e corresponde a uma saliência no perfil de praia.

2) A praia propriamente dita refere-se à zona da praia de maior declive, situada entre a crista da berma e a linha de maré baixa, apresentando uma largura variável. É permanentemente sujeita ao espraimento e ressaca das ondas. A sua morfologia e os seus sedimentos refletem as variações das características da agitação marítima gerada ao largo, pelo vento local, ou pela subida da maré.

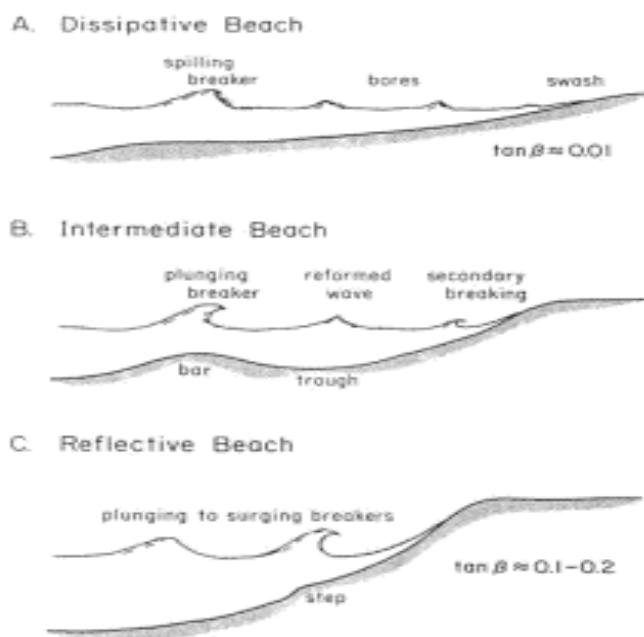
3) A antepraia é a porção inclinada do perfil de praia compreendido entre a crista da berma de praia (ou, na ausência desta, entre o limite superior da

zona abrangida pelo espraio da onda na maré cheia), e a zona da maré baixa marcada pelo refluxo da onda subsequente ao espraio.

4) A pré-praia é a zona submareal da praia que se estende desde a linha de maré baixa de águas vivas até à profundidade limite (dl) de 12 m (média anual, de 2004, para  $H_s = 1,94$  m e período = 9,44 s, segundo Hallermeier 1981), apresentando declive reduzido ( $\tan\beta = 0.01$ ); nela se localizam bancos (*swashbars*), de comprimento e largura variável (segundo dados de pescadores e *surfistas* locais) que contribuem para a recuperação do perfil da praia em situações de agitação característica de bom tempo.

Para compreender as mudanças que se manifestam tão rapidamente na orla costeira é necessário conhecer os mecanismos envolvidos nas trocas sedimentares entre a pré-praia, a praia e a antepraia, além dos responsáveis pela migração das praias para o interior.

Foram reconhecidos, nas praias, seis estados morfológicos distintos, (Figura 17) associados a diferentes regimes de ondas e marés, caracterizados por dois estados extremos (estado dissipativo e estado refletivo) e quatro estados intermediários.



**Figura 17** – Praias dissipativas, intermédias e reflexivas, um sistema desenvolvido por Wright and Short (1983) para classificar a morfologia das praias e os padrões de acompanhamento de ondas e correntes. A classificação depende do declive da praia e das condições de onda.



O estado dissipativo ocorre em condições de agitação mais energéticas, provocando alterações profundas na morfologia da praia, induzindo remoção dos sedimentos da praia emersa e o seu transporte para a praia submersa, formando barras submersas (Komar, 1976; Sunamura & Takeda, 1985; Lins, 1985). Caracteriza-se pela sua regularidade, visto que não possui bermas, sendo geralmente de perfil côncavo e com declive médio pouco elevado. Neste caso, não ocorre a diferenciação em três setores, existindo apenas alta praia e baixa praia ou somente baixa praia que, nesse caso, contacta diretamente com o cordão dunar frontal. Frequentemente, ocorrem escarpas de erosão, talhadas na alta praia ou na média praia, quando a erosão destas não é completa Wright et al. (1982).

O estado refletivo, ao contrário, ocorre em situações de períodos prolongados em que a ondulação é pouco energética, sendo de registar o transporte de sedimentos desde a zona submersa até à praia emersa (Komar, 1976; Niedoroda *et al.*, 1984; Wright & Short, 1984). Este transporte é responsável pelo deslocamento de pequenas barras arenosas, que vão aderir à praia emersa, formando bermas (Komar, 1976; Sunamura & Takeda, 1984; Lins, 1985), conferindo ao perfil um aspeto “robusto” (Ferreira, 1993). A berma é constituída por duas superfícies aplanadas, com inclinação geralmente oposta e cuja interseção ocorre na crista da berma. A superfície da berma voltada ao mar possui sempre uma inclinação superior à da face interna e, geralmente, maior comprimento. Segundo Ferreira (1993), neste tipo de perfil podem diferenciar-se três setores:

*Alta praia* – Corresponde ao extremo interno da praia emersa e promove o contacto desta zona com a duna frontal, através de uma superfície plana, inclinada para o mar, sobre a qual podem existir dunas embrionárias. Por vezes, este setor não existe, sendo o contacto praia/duna promovido pela média praia.

*Média praia* – A zona intermédia da praia emersa é constituída por uma ou mais superfícies planas, com inclinação muito suave para a terra e separadas por pequenas ruturas de declive. Estas superfícies correspondem à

parte superior de bermas de praias. A média praia prolonga-se desde o limite externo da alta praia até à crista da berma mais externa.

*Baixa praia* – Corresponde à zona localizada entre a crista da berma mais externa e o nível de baixa-mar de marés vivas sendo, geralmente, ligeiramente côncava e com pendor relativamente acentuado para o mar.

Os quatro estágios intermediários apresentam propriedades de ambos extremos, dissipativo e refletivo. São geralmente caracterizados por uma progressiva redução da largura da calha longitudinal (longshore trough), em decorrência da migração do banco submarino da zona de arrebentação em direção à praia o que por sua vez, é uma resposta às variações nas características hidrodinâmicas. Os estágios intermediários de "banco e calha longitudinal" (longshore bar and trough) e banco e praia rítmicos ou de cúspides (rhythmic bar and beach), podem se desenvolver a partir de um perfil dissipativo numa sequência acrecional.

## **2. Fatores de variabilidade de perfis de praia**

O vento constitui um dos fenómenos naturais de maior importância no controlo da feição de praias. O seu papel não se restringe somente à geração das ondas, mas a uma associação condicionada pela ação das ondas e correntes, a areia presente na faixa de praia é depositada e exposta ao ar, seca e é movimentada pelos ventos, reiniciando seu transporte.

A costa sofre o impacto do movimento das ondas. A existência da praia deve-se a esta energia. Quando estão próximas de rebentarem, as ondas, que inicialmente induzem um movimento circular nas partículas abaixo de onde passam, começam a mostrar uma assimetria no seu campo interno de velocidades. Esta assimetria aponta para onde a onda se desloca, para o continente, e se encarrega de empurrar a areia para as praias. Com a progressão da onda em direção a praia e a diminuição de água, uma quantidade imensa de energia é dissipada no contacto com o fundo situado entre a zona de arrebentação e a praia. Em consequência, grandes volumes de

areia são colocados em movimento nesta faixa, pela turbulência da quebra das ondas, colocando os grãos em suspensão ou arrastando-os.

Com toda esta movimentação, cada segmento de litoral adquire um equilíbrio dinâmico, onde processos que ocorrem em intervalos curtos de tempo, geralmente em escalas locais, alteram o balanço momentâneo do transporte da areia. A transferência de areia de um segmento para outro dependerá da obliquidade da onfulação com relação a linha de praia, e da variação da sua intensidade, no decorrer do tempo.

### **3. Monitorização das praias**

Executaram-se perfis cujos limites máximos em domínio marinho foram o Zero Hidrográfico (Z.H.) e cotas continentais variáveis. A metodologia utilizada e já explicada no capítulo introdutório, baseou-se no uso de uma régua com nível horizontal acoplado e medição do desnível vertical.

Para cada perfil foi calculada a sua área correspondente e, ulteriormente, foram analisadas as variações de área da secção para os diferentes intervalos entre campanhas. A análise desta variação ao longo do tempo permite-nos obter informação útil nomeadamente:

- Quando se pretende interpretar o comportamento morfológico de um setor face às condições de agitação marítima;
- Na definição de áreas de maior suscetibilidade ao processo de erosão costeira;
- Para o cálculo dos défices ou excessos sedimentares ao longo do tempo, na faixa de praia emersa e interpretação do trânsito sedimentar no sentido da praia submersa.

De modo a obter a variação dos excessos ou défices sedimentares por local, foi necessário ter em conta o intervalo de tempo entre as várias medições, assim:

- $da/dt$  indica a variação de área numa dada secção para um dado

período, expresso em m<sup>2</sup>/dia:

$$\frac{\text{área final} - \text{área inicial}}{\text{tempo final} - \text{tempo inicial}} = \frac{\Delta \text{área}}{\Delta \text{tempo}} = \frac{da}{dt}$$

-  $(da/dt)$  ( $t$ ) corresponde à evolução no tempo da variação de área tendo em conta os diferentes períodos de medição, ou seja, é um indicador da variação de erosão ou acreção costeira para um determinado perfil transversal de praia para intervalos específicos

$$\left[ \frac{\Delta \text{área}}{\Delta \text{tempo}} (t) = \frac{da}{dt} (t) \right].$$

Apresentam-se para cada perfil, os gráficos respetivos da evolução das áreas obtidas ao longo do tempo, bem como da variação de erosão ou acreção costeira ao longo do tempo (Mendes, 2002).

$$\left[ \frac{\Delta \text{área}}{\Delta \text{tempo}} (t) = \frac{da}{dt} (t) \right].$$

É imprescindível referir que as áreas consideradas representam variáveis discretas no tempo, relacionando-se entre si para os períodos entre campanhas; no entanto, no sistema natural, as variações de área na praia emersa ao longo do tempo são contínuas e reflexo, sobretudo, das condições de agitação marítima dominantes. As condições de agitação marítima podem, no entanto, provocar variações bruscas na faixa de praia, aquando da ocorrência de temporais.

Para auxílio da interpretação dos perfis topográficos transversais de praia realizados, construíram-se gráficos com a projeção da variação da linha de costa. Assim, representou-se a posição da linha de costa para cada momento de monitorização e a respetiva variação ao longo do referido período, sendo os valores positivos sinónimo de avanço, os negativos, de recuo e os valores iguais a 0, representam a manutenção da posição média da linha de costa.

### 3.1 Variação sedimentar no Farolim de Buarcos

#### 3.1.1 Perfis de praia

As figuras 18 e 19 apresentam a localização e uma vista parcial da praia junto ao Farolim de Buarcos.



Figura 18 – Localização do perfil Farolim de Buarcos. Ortofoto de 1998- (CMFF)



Figura 19– Vista parcial da praia no Farolim de Buarcos (julho 2011)

São apresentados os perfis de praia (Figura 20) para o local Farolim de Buarcos realizados entre junho e setembro de 2011. Estes perfis de praia caracterizam-se por assumirem traçados do tipo dissipativo, e em todos ocorre a diferenciação em alta e baixa praia. É de destacar o elevado grau de inclinação do estrão.

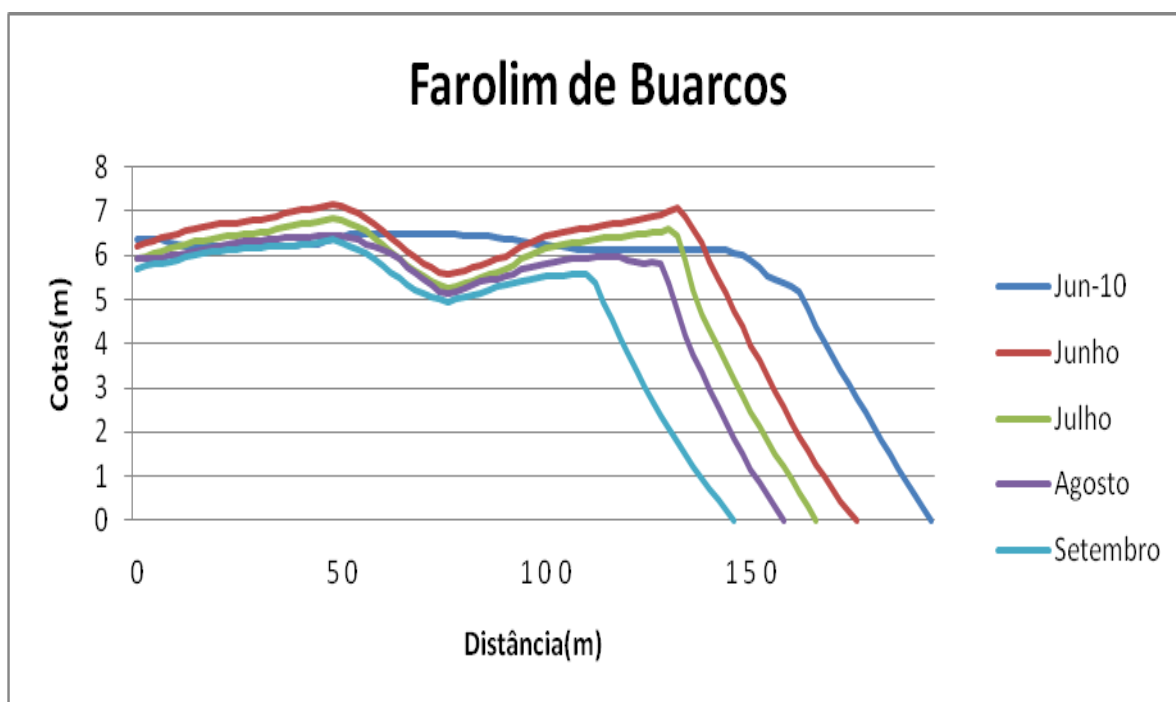
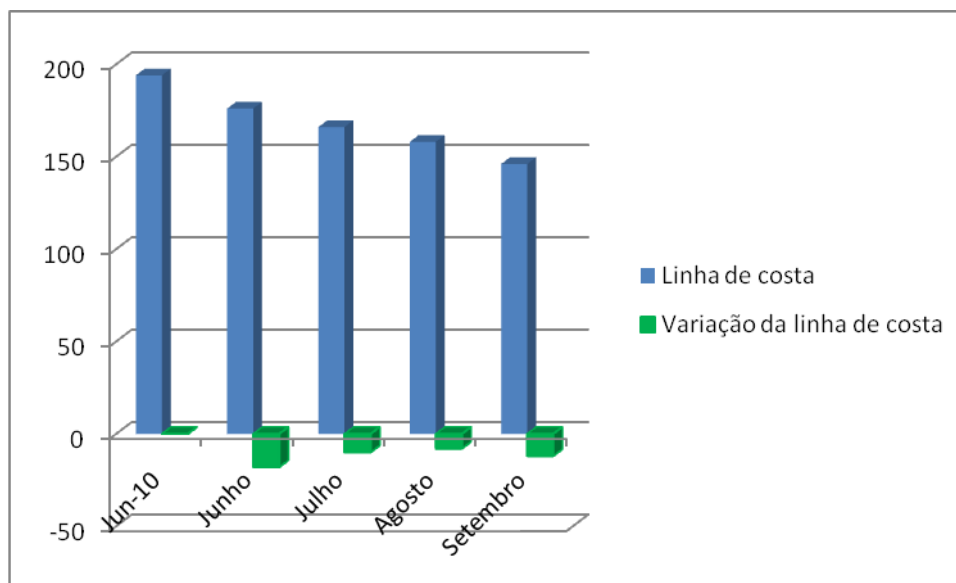


Figura 20 – Perfis de praia elaborados para o local Farolim de Buarcos entre junho e setembro de 2011, referenciados para o Zero Hidrográfico (Z.H). (Dados de junho de 2010 cedidos por Mendes (2010))

### 3.1.2 A linha de costa: variação média

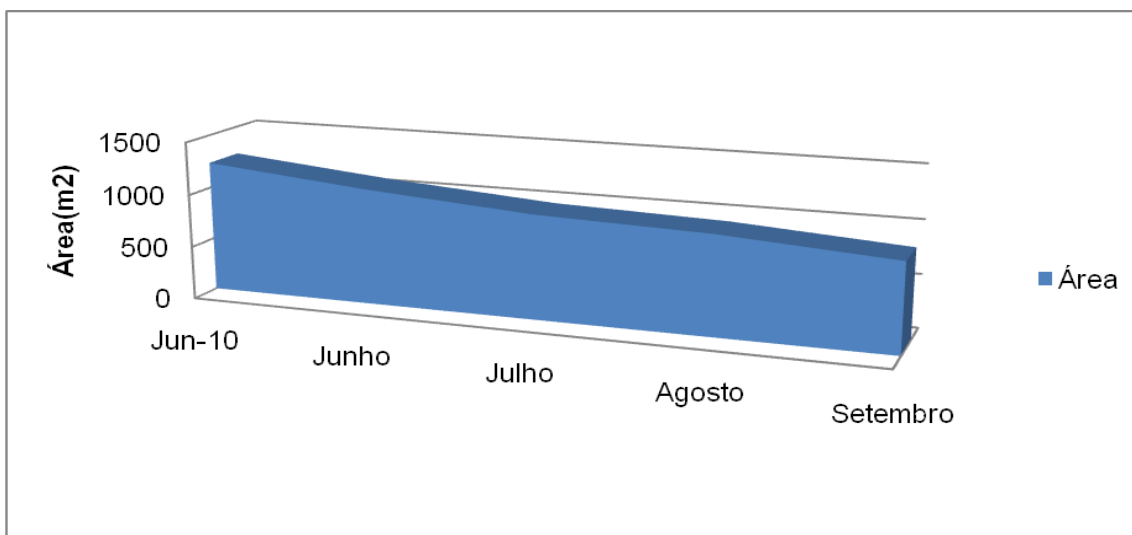
A posição média da linha de costa reflete o comportamento do perfil para o período em análise. Em todo o período de monitorização verificou-se uma variação negativa, mesmo quando comparada com os dados obtidos em junho de 2010. Manifesta-se uma tendência ao recuo da posição média da linha de costa (Figura 21).



**Figura 21** – Linha de costa e respetiva variação, para os perfis realizados no local Farolim de Buarcos entre junho e setembro de 2011. Dados de junho de 2010 cedidos por Mendes (2010).

### 3.1.3 Áreas calculadas e sua variação ( $da$ ), função dos intervalos de tempo de medição ( $dt$ )

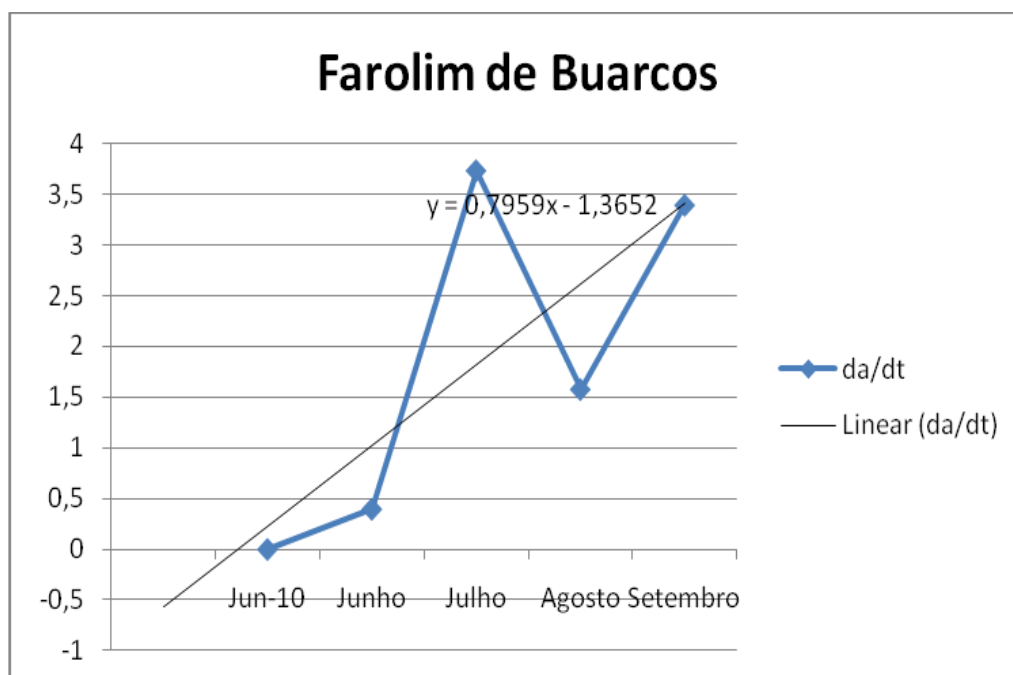
As áreas do prisma arenoso de praia no local Farolim de Buarcos (Figura 22) expressam um valor máximo de  $1093 \text{ m}^2$  (junho de 2011) e mínimo de  $834 \text{ m}^2$  (setembro de 2011).



**Figura 22** – Evolução das áreas para os perfis de praia elaborados para o local Farolim de Buarcos entre junho e setembro de 2011.

A tendência das áreas calculadas reflete uma generalizada diminuição de área no perfil ao longo de todo o período monitorizado.

Na Figura 23 e Tabela 4 indicam-se as variações de área calculadas, função dos períodos respetivos ao longo do tempo, indicativas das variações sedimentares em trânsito na faixa de praia.



**Figura 23** – Variação da relação de erosão (valores negativos) e acreção costeira (valores positivos), para os perfis de praia elaborados para o setor denominado Farolim de Buarcos entre junho e setembro de 2011.



A variação de áreas no local Farolim de Buarcos (Figura 25) para os intervalos respetivos reflete uma tendência contínua de diminuição. O valor máximo calculado para  $da/dt$  nos respetivos intervalos correspondeu ao mês de julho com  $-3,7 \text{ m}^2/\text{dia}$ . Em termos de erosão média, o maior valor registado foi de  $0,4 \text{ m}^2/\text{dia}$  para o mês de junho.

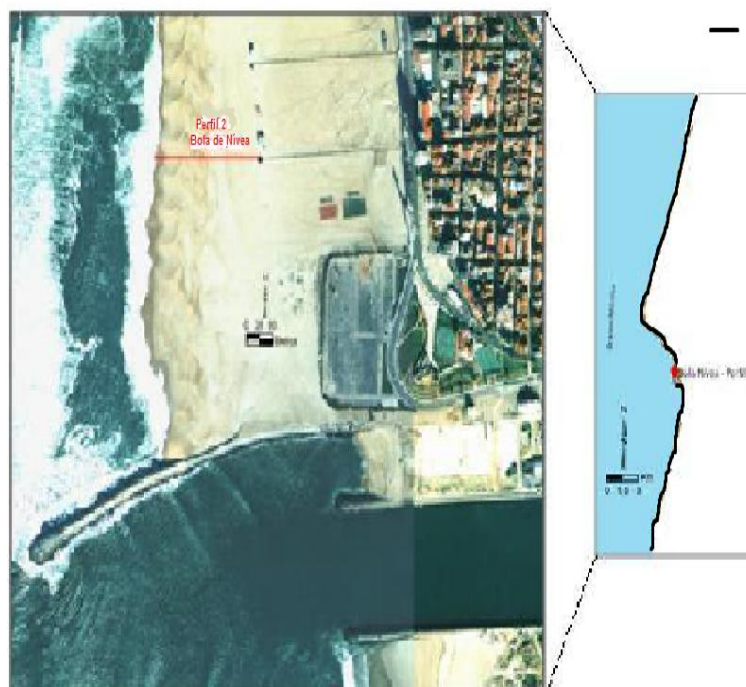
**Tabela 4** – Valores das áreas dos perfis para os diferentes meses e respetivas variações ao longo do tempo.

Meses	Área	Varição de área	Intervalo de tempo	Tempo acumulado(dias)	$da/dt$
Jun-10	1238	0	0	0	0
Junho	1093	-145	365	365	-0,4
Julho	981	-112	30	395	-3,7
Agosto	935	-46	29	424	-1,6
Setembro	834	-102	30	454	-3,4

### 3.2 Variação sedimentar na praia Bola Nívea

#### 3.2.1. Perfis de praia

As figuras 24 e 25 apresentam a localização e uma vista parcial da praia junto à Bola Nívea.



**Figura 24** – Localização do Perfil Bola de Nívea. Ortofoto de 1998 – (C.M.F.F.)



Figura 25– Vista parcial da praia junto à Bola Nívea - julho 2011

A Figura 26 apresenta os perfis de praia elaborados para o local denominado Bola Nívea, no respetivo período de análise. As variações bruscas de área serão consequência das características de ondulação e podem afetar a morfologia da praia.

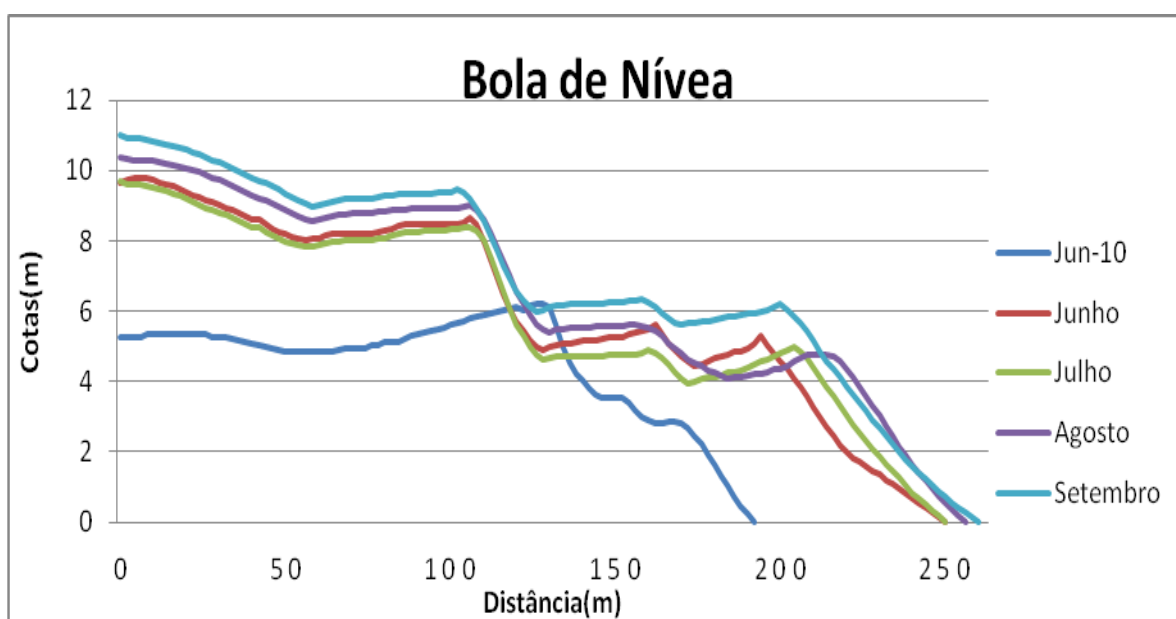


Figura 26 – Perfis de praia elaborados para o local Bola Nívea entre junho e setembro de 2011, referenciados para o Zero Hidrográfico (Z.H.).

A figura 27 mostra-nos uma vista parcial da praia Bola de Nívea, estando representado a vermelho o topo e a base berma da praia.



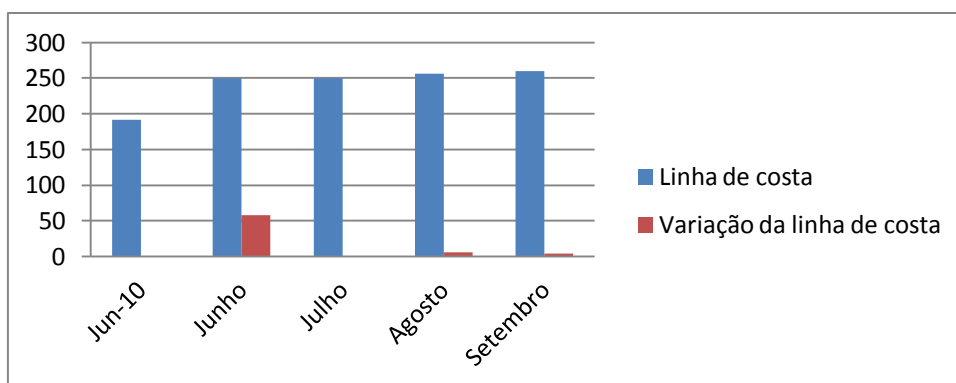
**Figura 27** – Vista parcial da praia Bola de Nívea – junho 2011. O vermelho identifica-se o topo e a base berma da praia.

Verifica-se um aumento da área do perfil, aumentando em direção ao mar, desde o início da monitorização e mesmo comparando com os dados obtidos em junho de 2010.

Note-se que se verifica a existência de duas bermas e duas cristas.

### **3.2.2 A linha de costa: variação média**

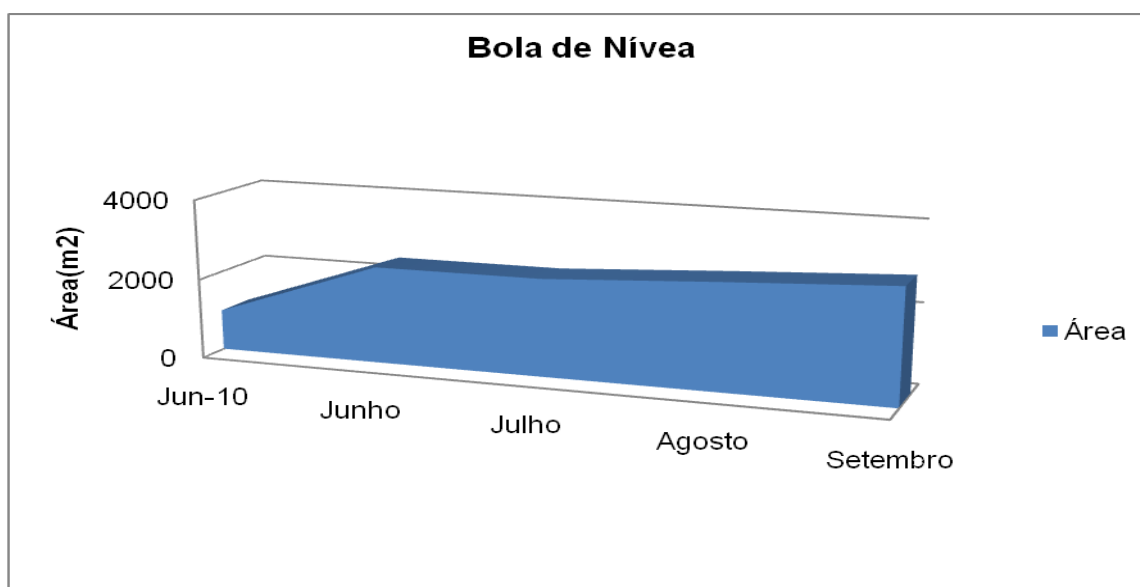
A posição média da linha de costa reflete o comportamento irregular do perfil para o período em análise. Regista-se variação positiva nos meses de monitorização o que traduz o avanço da posição média da linha de costa (Figura 28).



**Figura 28** – Linha de costa e respetiva variação, para os perfis realizados no local Bola Nívea entre junho e setembro de 2011. (Dados de junho 2010 cedidos por Mendes, S(2010))

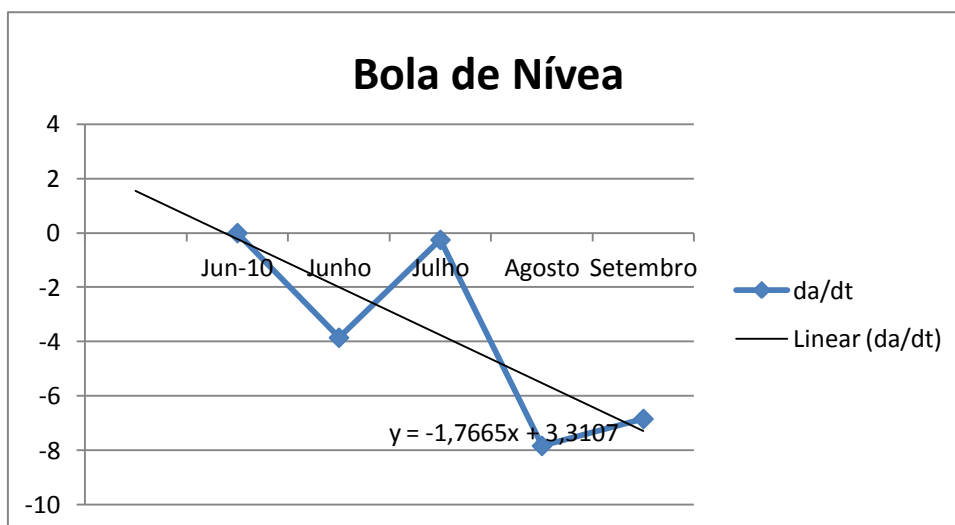
### 3.2.3. Áreas calculadas e sua variação ( $da$ ), função dos intervalos de tempo de medição ( $dt$ )

As áreas calculadas para os perfis realizados no local Bola Nívea podem ser observadas na Figura 29 e oscilam entre valores mínimos de  $2418 \text{ m}^2$  ( junho ) e máximos de  $2857 \text{ m}^2$  (setembro) . Verificou-se em agosto a maior perda de área ( $6 \text{ m}^2$ ) para um intervalo de 30 dias.



**Figura 29** – Evolução das áreas para os perfis de praia elaborados para o local Bola Nívea entre junho e setembro de 2011.

Na Figura 30 e Tabela 5 indicam-se as variações de área calculadas, função dos períodos respetivos ao longo do tempo, indicativas das variações sedimentares em trânsito na faixa de praia.



**Figura 30** – Variação da relação de erosão (valores negativos) e acreção costeira (valores positivos), para os perfis de praia elaborados para o setor denominado Bola Nívea entre junho e setembro.

A variação de áreas no local Bola Nívea (Figura 30) para os intervalos respetivos reflete uma tendência contínua de acreção.

O valor máximo calculado para  $da/dt$  nos respetivos intervalos correspondeu a (30 dias) com  $-0,3 \text{ m}^2/\text{dia}$ .

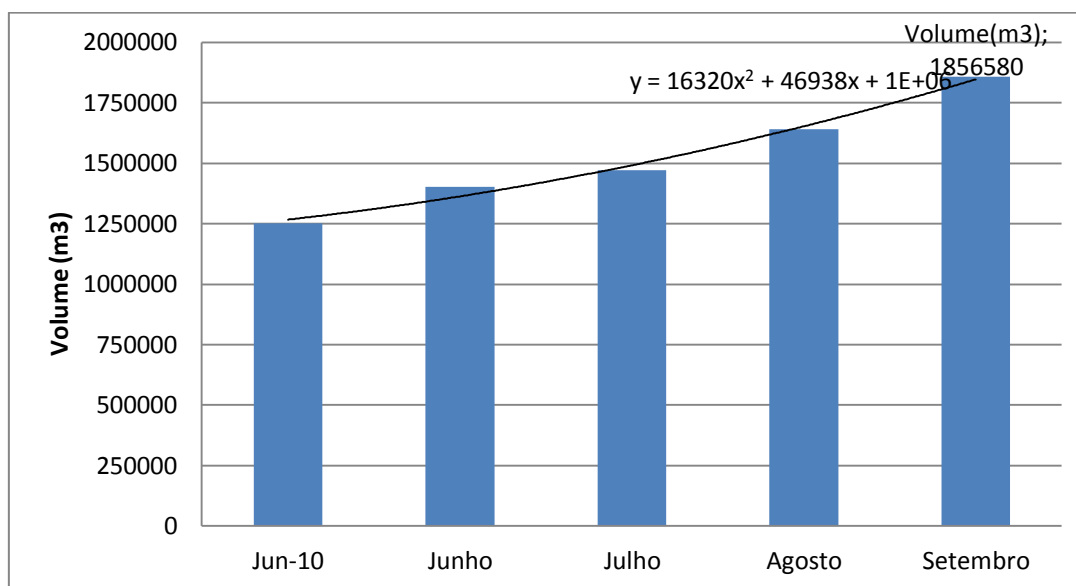
**Tabela 5** – Valores das áreas dos perfis para os diferentes meses de campanha e respetivas variações ao longo do tempo.

Meses	Área	Varição de área	Intervalo de tempo	Tempo acumulado(dias)	da/dt
Jun-10	1012	0	0	0	0
Junho	2418	-1405,7	365	365	-3,9
Julho	2425	-7,5	30	395	-0,3
Agosto	2652	-227,16	29	424	-7,8
Setembro	2857	-205,2	30	454	-6,8

#### 4 – Cálculo do volume sedimentar

Foram calculados os volumes sedimentares ao longo do tempo (Figura 31), na praia compreendida entre os perfis Farolim de Buarcos e Bola Nívea. São

apresentados na Tabela 6 as variações de volume sedimentar correspondentes.



**Figura 31**– Evolução dos volumes no espaço compreendido entre os perfis de Farolim de Buarcos e Bola de Nívea, entre junho e setembro de 2011. É representada uma curva de tendência (polinómio de segundo grau) aos valores calculados para determinar a tendência da variação do volume sedimentar ao longo do tempo.

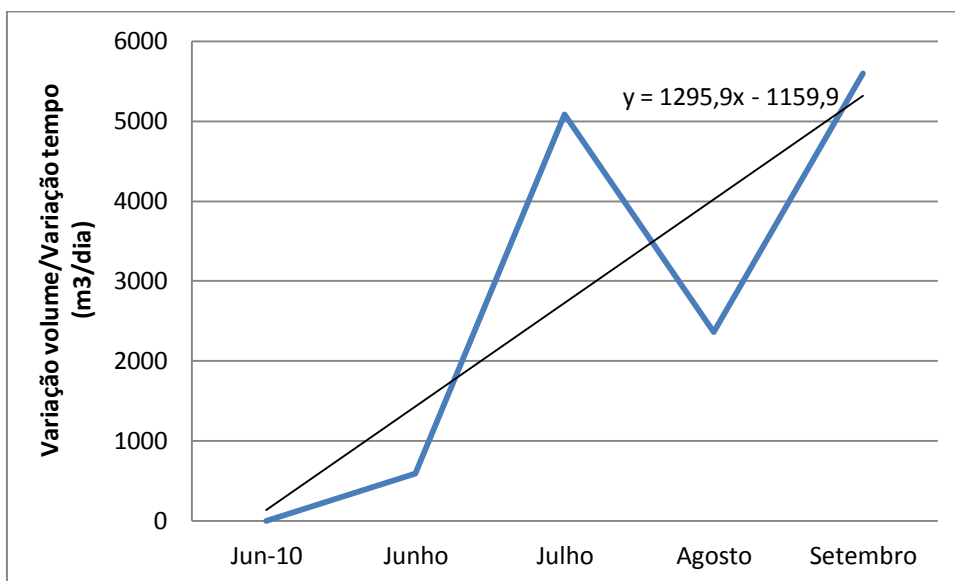
As variações de volume sedimentar podem traduzir os volumes disponibilizados ou retirados da praia para a barra submersa e que é responsável pelo assoreamento do anteporto e sua entrada.

**Tabela 6:** Valores de volume para os diferentes meses e respetivas variações ao longo do tempo

	Volume(m3)	Varição de volume(dv)m3	Intervalo de tempo(dt)	Tempo acumulado(dias)	dv/dt(m3/dia)
Jun-10	1250490	0	0	0	0
Junho	1403040	217140	365	365	595
Julho	1471590	167850	30	395	5595
Agosto	1639440	68550	29	424	2364
Setembro	1856580	152550	30	454	5085

Na figura 32 indicam-se as variações de volume calculadas ilustrativas das variações sedimentares em trânsito na faixa de praia. Obteve-se um valor

máximo para  $dv/dt$  de  $5595 \text{ m}^3/\text{dia}$ . O valor mínimo para  $dv/dt$  foi de  $595 \text{ m}^3/\text{dia}$ . A reta linear  $dv/dt$  revela uma tendência para acreção sedimentar.



**Figura 32** – Variação da relação de erosão (valores negativos) e acreção sedimentar (valores positivos), para os perfis de praia realizados entre o Farolim de Buarcos e Bola de Nívea, entre junho e setembro de 2011. É representada uma função de aproximação linear que exprime a tendência de maior ou menor acreção/erosão da praia emersa (acima do Z.H.).

## Capítulo IV – Análise granulométrica de sedimentos

### 1. A análise granulométrica

As análises granulométricas das amostras seguiram os métodos tradicionalmente utilizados em estudos sedimentológicos. Os trabalhos foram desenvolvidos em 10 amostras recolhidas em julho nos perfis estudados.

No momento da recolha das amostras registaram-se os pontos das sucessivas colheitas ao longo dos perfis e procedeu-se à sua identificação com código para mais tarde serem analisadas. As amostras recolhidas foram lavadas em água corrente de forma a eliminar os sais solúveis que estas contêm e secas ao Sol. Em seguida, foram quarteadas manualmente, com o intuito de se obter uma maior homogeneidade e tornando-as o mais representativas possível. A fase seguinte foi a de pesagem para se poderem estimar eventuais perdas que possam ocorrer durante o processo de peneiração e pesagem das frações.

No peneiramento foi adotada a escala de tamanhos proposta por Wentworth (1922), mais tarde modificada por Krumbein (1934), que utilizou os expoentes (as potências de 2) da escala de Wentworth como base de uma escala logarítmica, e que designou por escala  $\Phi$  (Phi). A vantagem na adoção da escala Phi fica evidenciada não apenas na facilidade dos cálculos dos parâmetros estatísticos, mas também, nos valores dos limites das classes texturais estabelecidas por Wentworth (1922), onde a progressão geométrica de razão 2 dos intervalos, expressos em milímetros, é substituída por uma progressão aritmética de razão 1 para os intervalos expressos na escala Phi (Dias, 2004).

Um peneiro para este tipo de análise sedimentológica consiste num suporte metálico cilíndrico que serve de suporte a uma rede (geralmente metálica) de malha calibrada. Na Figura 33 encontram-se listados por ordem decrescente as classes granulométricas, correspondentes à coluna utilizada. Os peneiros estão concebidos para poderem ser encaixados uns nos outros de modo a formarem uma coluna de peneiração. Na base desta coluna encaixa-se um recipiente



destinado a receber as partículas menores que atravessarem toda a coluna sem serem retidas em nenhuns dos peneiros; na parte superior da coluna, e já no agitador, encaixa-se uma tampa para evitar perdas de material durante a peneiração. A coluna de peneiração é agitada por um aparelho vibratório designado por “agitador de peneiros”, o qual imprime aos peneiros movimentos de elevada frequência que viabilizam a peneiração das partículas. Em geral os agitadores de peneiros imprimem simultaneamente movimentos verticais e horizontais. O tempo de peneiração é função do peso da amostra a peneirar, tendo sido utilizados, geralmente cerca de 10 minutos.

Diagrama de uma coluna de peneiros com 17 níveis de abertura granulométrica, representados por barras azuis empilhadas verticalmente. Cada barra contém um intervalo de tamanho em milímetros (mm).

>15,85 mm
15,85 - 11,20 mm
11,20 - 7,92 mm
7,92 - 5,61 mm
5,61 - 4,00 mm
4,00 - 2,80 mm
2,80 - 2,00 mm
2,00 - 1,40 mm
1,40 - 1,00 mm
1,00 - 0,710 mm
0,710 - 0,500 mm
0,500 - 0,355 mm
0,355 - 0,250 mm
0,250 - 0,177 mm
0,177 - 0,125 mm
0,125 - 0,090 mm
0,090 - 0,063 mm
<0,063 mm

Fig. 33– Abertura da malha granulométrica da coluna de peneiros utilizada.



Figura 34 – Tabuleiro com frações resultantes da peneiração

Após a peneiração há que pesar cuidadosamente as frações de peneiração (Fig.34).

Assim que o processo de análise granulométrica esteja terminado, os dados referentes às respetivas amostras são inseridos em folha de cálculo e calculados vários parâmetros estatísticos, tais como a média, desvio padrão, assimetria e curtose. A visualização da distribuição granulométrica é muito importante na análise sedimentológica, pois permite ter a noção imediata das características principais dessa distribuição. Existem várias formas de representação que, na realidade, correspondem a diferentes formas de “visualizar” as populações de partículas que constituem o sedimento. Os parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica dos sedimentos foram calculados pelo método logarítmico dos momentos.

## 2. Classificação das amostras de acordo com parâmetros estatísticos calculados

Antes de se iniciar a explicação dos métodos estatísticos utilizados na classificação das amostras dos sedimentos de praia, reconheça-se a localização dos pontos ao longo dos perfis, nos quais estas foram colhidas, Figura 35 e Figura 37 .

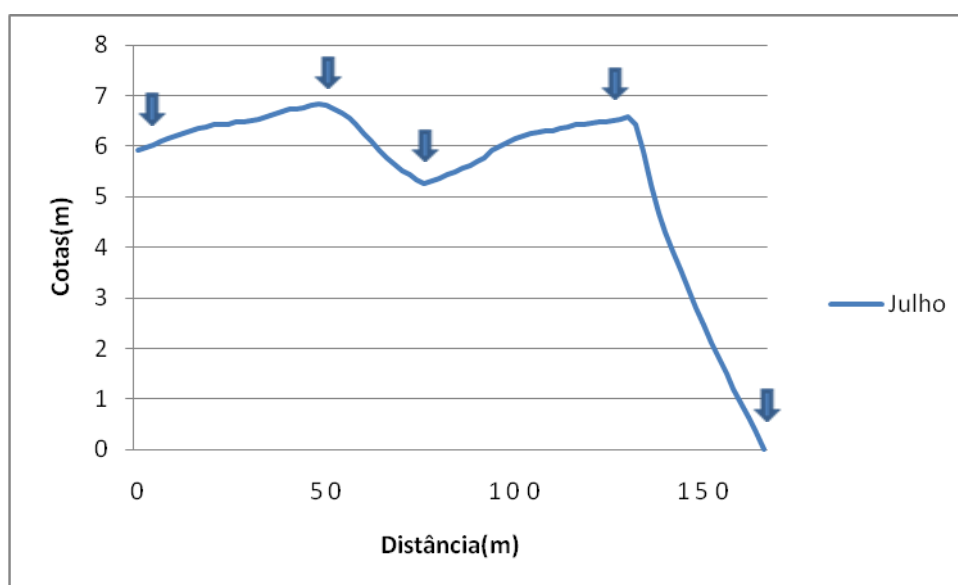
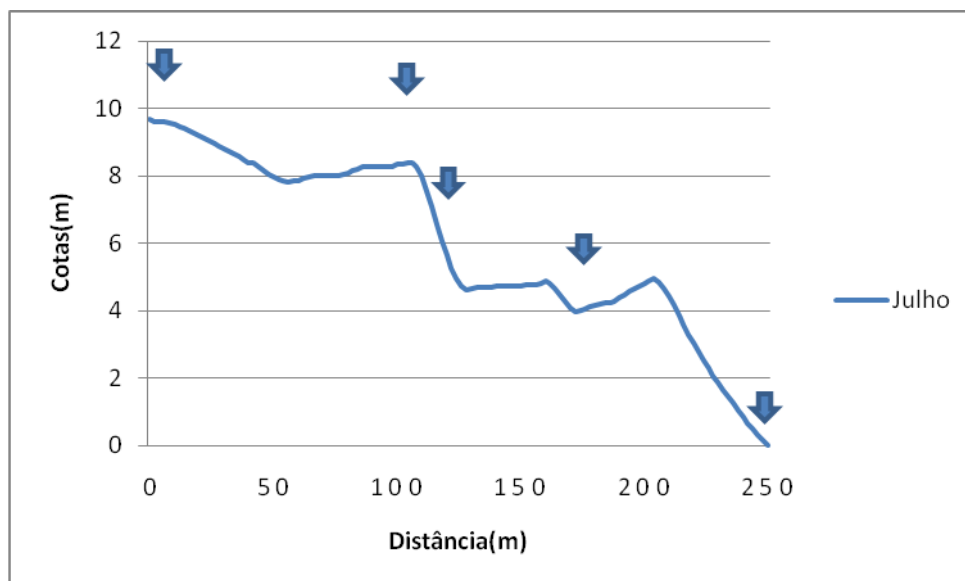


Figura 35 – Amostras colhidas no local Farolim de Buarcos.



Figura 36 – Praia junto ao Farolim de Buarcos - granulometria

## Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente



**Figura 37** – Amostras colhidas no local Bola Nívea.

Depois de identificados os locais das amostragens, apresenta-se uma breve descrição dos parâmetros estatísticos calculados para cada uma das amostras e respetivos parâmetros (Tabela 7).

O desvio padrão ( $\Phi$ ) indica o grau de dispersão dos valores à média granulométrica dos sedimentos permitindo, através dos limites propostos por Folk & Ward (Tabela 8), classificar a calibragem da amostra.

**Tabela 8** – Designações para os valores do desvio-padrão ( $\Phi$ ), propostos por Folk & Ward (1957)

Muito bem calibrada	<0,35
Bem calibrada	[0,35 – 0,50]
Moderadamente bem calibrada	]0,50 – 0,70]
Moderadamente calibrada	]0,70 – 1,00]
Fracamente calibrada	]1,00 – 2,00]
Muito fracamente calibrada	]2,00 – 4,00]
Extremamente mal calibrada	>4,00

A assimetria ( $Sk\Phi$ ), indica o grau de distorção da distribuição em relação a uma distribuição simétrica (quando média e moda coincidem). A distribuição é assimétrica negativa quando a média é menor que a moda, quando se verifica

a situação inversa classifica-se como assimétrica positiva. Seguindo os limites propostos por Folk & Ward (Tabela 9) é possível classificar as amostras analisadas.

**Tabela 9**– Designações para os valores da assimetria ( $Sk\Phi$ ), propostos por Folk & Ward (1957)

Fortemente assimétrica no sentido dos finos	+0,30 a_ +1,00
Assimétrica no sentido dos finos	+0,10 a_ - 0,30
Aproximadamente simétrica	+0,10 a_ - 0,10
Assimétrica no sentido dos grosseiros	-0,10 a_ - 0,30
Fortemente assimétrica no sentido dos grosseiros	-0,30 a_ - 1,00

A curtose é uma medida de dispersão que classifica o grau de achatamento e afunilamento da distribuição, ou seja, se é muito afunilada tem uma elevada proporção dos dados aglomerados junto do centro, se é achatada os valores encontram-se espalhados ao longo de uma grande amplitude. Mais uma vez seguiram-se as classificações de Folk & Ward, (Tabela 10 )

**Tabela 10**- Listagem dos códigos das amostras e respetivos parâmetros estatísticos calculados

Muito platicúrtica	<0,67
Platicúrtica	[0,67 – 0,90[
Mesocúrtica	[0,90 – 1,11[
Leptocúrtica	[1,11 – 1,50[
Muito leptocúrtica	[1,50 – 3,00[
Extremamente leptocúrtica	>3,00

**Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente**

**Tabela 7 – Resultados das análises granulométricas.**

	<b>Código da amostra</b>	<b>Distância(m) ao perfil</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio-padrão</b>	<b>Classificação de Folk &amp; Ward</b>	<b>Assimetria</b>	<b>Classificação de Folk &amp; Ward</b>	<b>Curtose</b>	<b>Classificação de Folk &amp; Ward</b>
<b>Farolim de Buarcos</b>	A001	166	-1,38	0,83	Moderadamente calibrada	-0,29	Assimétrica no sentido dos grosseiros	2,86	Muito leptocúrtica
	A002	130	0,65	0,59	Moderadamente bem calibrada	-1,29	Fortemente assimétrica no sentido dos grosseiros	7,38	Extremamente leptocúrtica
	A003	76	1,21	0,63	Moderadamente bem calibrada	-1,15	Fortemente assimétrica no sentido dos grosseiros	6,11	Extremamente leptocúrtica
	A004	50	1,48	0,41	Bem calibrada	-0,44	Fortemente assimétrica no sentido dos grosseiros	5,05	Extremamente leptocúrtica
	A005	0	1,18	0,49	Bem calibrada	0,03	Assimétrica no sentido dos finos	3,22	Extremamente leptocúrtica
<b>Bola de Nívea</b>	B001	250	1,11	0,85	Moderadamente calibrada	-0,83	Fortemente assimétrica no sentido dos grosseiros	3,58	Extremamente leptocúrtica
	B002	174	1,3	0,72	Moderadamente calibrada	-0,65	Fortemente assimétrica no sentido dos grosseiros	3,57	Extremamente leptocúrtica
	B003	126	1,26	0,65	Moderadamente bem calibrada	-0,6	Fortemente assimétrica no sentido dos grosseiros	4,49	Extremamente leptocúrtica
	B004	100	1,04	0,72	Moderadamente calibrada	-0,25	Assimétrica no sentido dos grosseiros	3,49	Extremamente leptocúrtica
	B005	0	0,70	1,00	Moderadamente calibrada	-0,14	Assimétrica no sentido dos grosseiros	2,66	Muito leptocúrtica

Quanto maior o valor do desvio padrão, pior calibrada é a amostra. As areias colhidas são maioritariamente bem calibradas a moderadamente calibradas (Fig. 38). Quanto menor é o desvio padrão significa que o estrão domina alta energia da onda, existindo mistura de sedimentos.

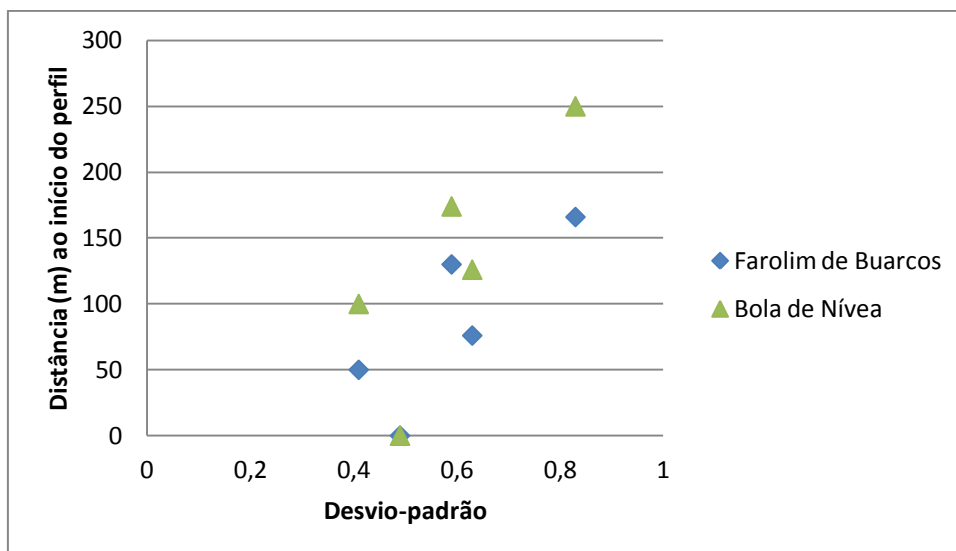


Figura 38– Representação da distribuição do desvio padrão para as amostras colhidas em julho de 2011

A representação gráfica dos valores calculados para a assimetria (Figura 39), evidenciam predominância de valores negativos, o que significa, de acordo com Folk & Ward, que estamos na presença de uma distribuição assimétrica negativa. Na Tabela 7, verifica-se uma predominância de sedimentos fortemente assimétricos no sentido dos grosseiros.

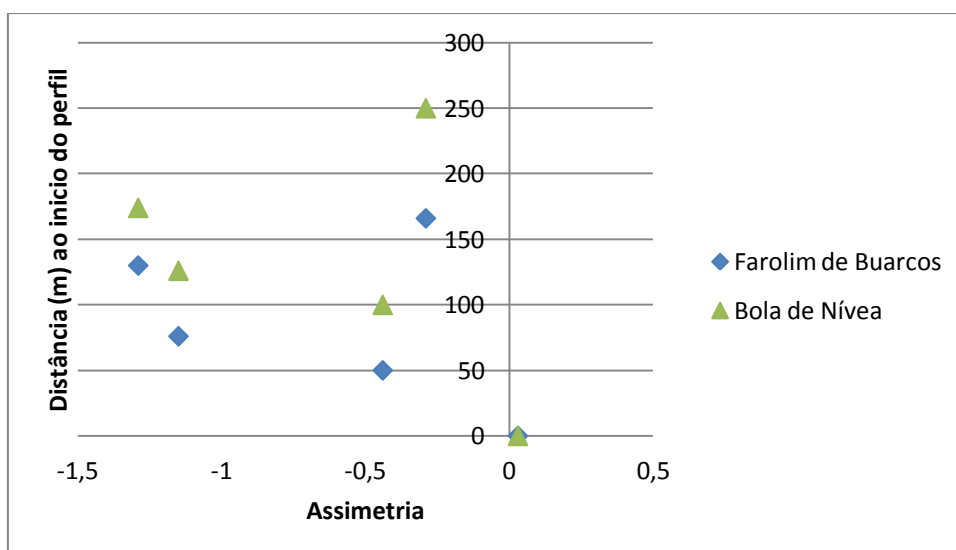
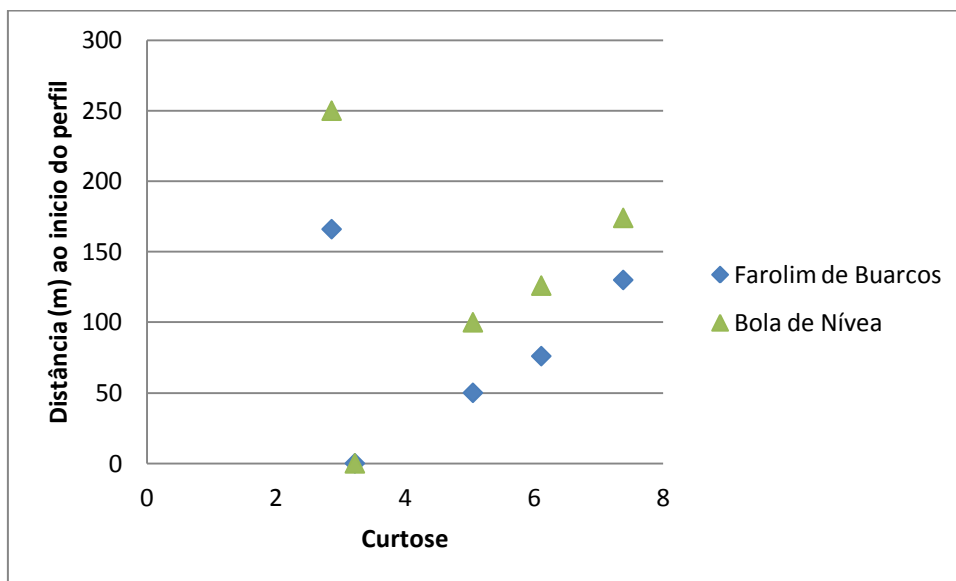


Figura 39 – Representação dos valores calculados para a determinação do grau de assimetria para as amostras colhidas em julho de 2011

Na Figura 40 encontram-se representados os valores calculados para a determinação da curtose. Mesmo sem consultar a classificação das amostras relativamente a esta medida de dispersão, é possível retirar desde logo uma conclusão pela análise da distribuição: os dados, todos eles assumindo valores positivos, encontram-se muito condensados, possibilitando o traçado de uma curva do tipo leptocúrtica, que coincide com a classificação dos sedimentos listada na Tabela 7 .



**Figura 40**– Representação dos valores calculados para a determinação da curtose para as amostras colhidas em julho de 2011.

Na Tabela 11 apresenta-se uma listagem das amostras analisadas, com a localização (em metros) do local de colheita dos sedimentos relativamente ao ponto de início do perfil; quanto a cada amostra apresenta-se a sua divisão pela percentagem que contém de partículas: inferiores a 63µm (silte), areia, areão e seixo. Acrescentou-se, ainda, o valor da média das granulometrias referentes a cada amostra e classificaram-se de acordo com a escala de Wentworth (apresentada em anexo).

De um total de 10 amostras analisadas, verifica-se a predominância de areias médias com 7 amostras a assumirem esta classificação, seguida das areias grosseiras com 2 amostras e 1 amostra classificada como cascalho.



**Tabela 11** – Percentagem das frações granulométricas. Classificação das amostras segundo a escala de Wentworth

	Código da amostra	Distância(m) ao perfil	%<63mm	% de areias	areão	seixo	Média	Classificação
Farolim de Buarcos	A001	166	0,00	11,58	49,22	39,21	-1,38	Cascalho
	A002	130	0,00	95,36	3,4	1,24	0,65	Areia grossa
	A003	76	0,01	98,29	1,15	0,55	1,21	Areia média
	A004	50	0,00	99,87	0,13	0,00	1,48	Areia média
	A005	0	0,01	99,86	0,13	0,00	1,18	Areia média
Bola de Nívea	B001	250	0,01	93,93	6,06	0,00	1,11	Areia média
	B002	174	0,01	98,09	1,91	0,00	1,30	Areia média
	B003	126	0,00	98,72	0,97	0,31	1,26	Areia média
	B004	100	0,01	97,45	2,55	0,00	1,04	Areia média
	B005	0	0,00	88,09	10,07	1,84	0,70	Areia grossa

As praias em estudo apresentam homogeneidade na classificação granulométrica, predominando areias médias.

Pode-se concluir, relativamente à análise das amostras de sedimentos colhidas nas praias onde foram realizados os perfis transversais, que a agitação marítima seria fraca no período da colheita.

### 3. Considerações finais

A evolução temporal dos perfis transversais de praia pode refletir transferências sedimentares ocorridas entre a pré-praia, a praia e a antepraia. Em condições ideais, à variação volumétrica do perfil de praia emersa deveria corresponder igual variação, mas de sinal oposto, na praia submersa. Outra possibilidade é de resultar de uma variação no rumo da ondulação relativamente ao início da monitorização.

Comparando junho de 2010 com junho de 2011, os resultados mostram que o balanço sedimentar anual foi positivo na Bola de Nívea e negativo no Farolim de Buarcos. Isto pode ser o resultado de uma ondulação mais de NW.

O comportamento morfodinamico das praias mostrou variação de refletivo a dissipativo, sendo o setor mais meridional caracterizado por comportamento

refletivo, enquanto no setor mais setentrional a tendência é de aumento da dissipatividade.

De norte para sul, verificou-se:

- uma tendência decrescente na dimensão dos sedimentos;
- uma tendência crescente de acreção sedimentar.

É de salientar que a nova capacidade de retenção do molhe norte do porto da Figueira da Foz, em resultado do seu prolongamento, já está saturada pelo que as variações que podem ocorrer no areal nas praias da Figueira da Foz provavelmente se devem às variações na agitação marítima.

Como principais causas, encontram-se a redução de fontes aluvionares, a interrupção do trânsito litoral, o avanço da ocupação terrestre. Relativamente à primeira, tem-se verificado em inúmeros casos uma redução da quantidade de sedimentos (média anual) que chega à zona costeira resultante da construção de barragens ao longo do rio, da execução de obras de regularização, da extração de inertes e da execução de dragagens para a criação ou manutenção de canais de navegação.

Por seu turno, a construção de molhes de embocaduras e outras obras costeiras pode provocar a redução e mesmo a interrupção do trânsito litoral de sedimentos predominante em determinada zona, alterando o equilíbrio (dinâmico) existente. Desta alteração resulta, frequentemente, a erosão costeira a sotamar das estruturas marítimas e acreção a barlamar.

A edificação nas margens de rios e estuários e no litoral, têm também contribuído para a alteração das fontes aluvionares e do comportamento natural hidrosedimentar das praias, induzindo ou agravando os problemas de erosão. No entanto, outros fatores como o potencial aumento da frequência e intensidade de tempestades marítimas e a alteração da direção predominante da agitação marítima podem exacerbar os problemas de erosão costeira e de assoreamento de embocaduras.

## Capítulo V – Conclusão

Durante todo o trabalho foram sendo apresentadas e discutidas algumas conclusões, contudo, importa agora realçar as mais significativas, no que pretende ser o principal resultado da investigação levada a cabo.

Deve referir-se que para a caracterização morfológica e sedimentar, bem como para o cálculo das variações sedimentares, o intervalo de quatro meses de estudo (junho a setembro de 2011), representa uma reduzida escala temporal de análise, uma vez que não foi possível acompanhar as modificações do período de inverno. É de referir também que deveria ter existido um ponto intermédio entre os locais de monitorização.

Modificações ocorreram e são gradualmente notadas no litoral adjacente ao estuário do Mondego. Estas modificações deram-se devido, em parte, ao prolongamento do molhe norte do porto, fazendo com que a dinâmica costeira de sedimentos sofresse alterações nesse ponto do litoral, modificando assim a paisagem em sua volta.

O litoral da Figueira da Foz é condicionado, a norte, em posição protuberante, pelo esporão rochoso do cabo Mondego. A deriva litoral é pouco intensa pois é perturbada pelo cabo e pela difração da onda por ele induzida.

Efectivamente, o prolongamento do molhe veio interromper a deriva litoral, induzindo grande acumulação de areias junto a ele.

O molhe veio estabilizar o estuário do Mondego. O caudal sólido debitado pelo rio Mondego tem sido cada vez menor devido às múltiplas intervenções efectuadas na bacia hidrográfica, no rio e no seu estuário.

Ao longo dos 4 meses de monitorização a ondulação, no litoral em análise, registou rumos médios do quadrante N e NW, o que fez com que a deriva litoral originasse consequências no balanço erosão/deposição no trecho costeiro

monitorizado.

Cabe aqui referir, também, a importância dos ventos locais de NW, conhecidos por *nortadas*, que sopraram com bastante frequência, tendo o transporte sedimentar eólico contribuído também para alguma acreção na praia alta, junto da Bola de Nívea. Sendo cada vez maior a extensão de areia, maior é o espaço disponível para que os referidos ventos atuem com maior eficácia.

Relativamente à obtenção dos dados de ondulação para a caracterização do clima de agitação marítima, seria bom proceder à reactivação da bóia-ondógrafo do Cabo Mondego de forma a ter-se um registo contínuo das condições de agitação marítima. O tipo de análise presente neste trabalho não faz sentido sem a conjugação com os valores precisos da ondulação e julgamos, que também seria do interesse para as actividades do Porto e Capitania da Figueira da Foz conhecer as condições de ondulação existentes.

Também, o conhecimento dos quantitativos de dragagens efectuadas por imperativos de navegação, bem como o seu destino final são dados muito importantes na análise da dinâmica sedimentar costeira.

Da realização e análise dos perfis topográficos transversais às praias realizados e com a deriva litoral a realizar-se no sentido norte-sul, salienta-se que:

- A norte da embocadura, o local Bola Nívea exibiu algumas oscilações manifestando no geral episódios de acreção, com um litoral regressivo (linha de costa apresenta tendência para migrar em direção ao oceano) e a praia do Farolim de Buarcos, mostrou uma tendência de diminuição, com um litoral transgressivo (linha de costa apresenta tendência para migrar em direção ao continente). Os materiais serão transportados de Buarcos para a Figueira. As praias deste sector apresentam extensões de areias, em geral médias.

Para o desenvolvimento de melhores e mais eficazes ferramentas de apoio à decisão nas áreas de gestão e planeamento das zonas de costa é necessário o aperfeiçoamento dos métodos de avaliação da evolução da linha de costa. Os

conhecimentos do impacto das estruturas de defesa costeira revelam-se importantes.

É igualmente determinante para o equilíbrio do litoral que todos os sedimentos dragados no canal de acesso de embarcações sejam depositados no mar, como foi feito durante a obra de prolongamento do molhe norte, em local que seja possível serem remobilizados e transportados pela deriva litoral, efetuando-se assim, a realimentação da praia submersa e contribuindo para um robustecimento do litoral arenoso.

Devem-se construir descarregadores (ou armadilhas) de areia (sand traps). Estas estruturas visam promover a deposição de areia em locais pré-definidos, mais fáceis de dragar, evitando o assoreamento em locais onde ele é mais indesejável. Este tipo de solução permite manter os canais de navegação operacionais com menor frequência e custo de dragagem. Os descarregadores de areia são adequados para costas onde o transporte litoral tem um sentido dominante bem marcado. As areias que se depositam nos descarregadores são dragadas e lançadas a sotamar da embocadura, de forma a continuarem o seu trânsito litoral. Existe também outro sistema, o sistemas de transposição de areias – que permite intercetar os sedimentos a barlamar da embocadura, evitando a acumulação no canal de acesso, e transpô-los para jusante por bombagem, de modo a evitar a erosão nas praias.

Continua a ser necessário convencer as populações que a melhor solução para os problemas de erosão no litoral é deslocarem-se para áreas mais interiores, uma vez que a erosão é um mecanismo de resposta a um conjunto variadíssimo de fatores, como: a diminuição do acarreo sedimentar, a pressão urbana no litoral, entre outros.

## Referências bibliográficas

Almeida, A. Campar; André, J. Nunes & Cunha, P. Proença (1998) - Excursão à Zona Costeira entre o Cabo Mondego e S. Pedro de Moel. Seminário - Dunas da Zona Costeira de Portugal, Associação Eurocoast- Portugal. Pp. 1-12

Almeida, J. Lopes de & Santos, F. Seabra (1990) - Aplicação de modelos numéricos ao estudo da onda de “mareta” no Porto da Figueira da Foz. Estudos de Engenharia Civil, Coimbra, Vol.3, nº1/2,pp.99-111.

Andrade, C. & Freitas, C. (2001). E se a estufa em que vivemos fôr inundada? A subida do nível do mar: algumas causas e consequências. Cadernos Didáticos de Ciências, Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, 2, 39 - 57.

André, J. N; Rebelo, F. & Cunha, P. Proença (1997) – Evolução da morfologia dunar entre o rio Mondego e S. Pedro Moel. In “Dunas da Zona Costeira de Portugal”, Associação Eurocoast- Portugal. Pp. 503-523.

Araújo, M.F.D., Corredeira, A.C.M., Santos, M.G.& Dias, J.A. (2010) - Avaliação de impactes antrópicos em sedimentos recentes. Workshop Antropicosta Iberoamerica 2010, CD-ROM, paper 1508.

Arroteia, J.C. (1985) - Figueira da Foz: a cidade e o mar. Comissão de Coordenação da Região Centro, Coimbra, 115p.

Beatley, T., Brower, D.J., Schwab, A. K. (2002) - An introduction to coastal zone management (2nd ed.) Washington, DC: Island Press.

Borges, P., Lameiras, G., Calado, H. (2009) - A erosão costeira como fator condicionante da sustentabilidade. 1ºCongresso de Desenvolvimento Regional de Cabo Verde - 15ºCongresso APDR, Atas

Boto, A., Bernardes, C. A. e Dias, J. A. (1997) - Erosão litoral e recuo da linha de costa entre a Costa Nova e a Praia do Areão, Portugal. "Coletânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal", p 449-467, Associação Eurocoast-Portugal, Porto.

Brenninkmeyer (1982). In: Schwartz M. L. (ed.) The Encyclopedia of Beaches and Coastal Environments. Hutchinson Ross Publishing Company, Stroudsburg, 693-695.

Cabral, J.A.; T. Múrias; R.J. Lopes & J.C. Marques (1996) - Macroalgal blooms and Macrohabitat selection by waders; study in the Mondego estuary (western Portugal).  
Airo, 7 (1): 1-6.

Cabral, J.A.; M.A. Pardal; R.J. Lopes; T. Múrias & J.C. Marques (1999) - The impact of microalgae blooms on the use of the intertidal area and feeding behaviour of waders (Charadrii) in the Mondego estuary (west Portugal). *Ata Oecologica*, 20 (4): 417-428.

Cardoso, P.G.M. (2001) - Impacto da eutrofização na dinâmica populacional e produção de *Hydrobia ulvae* no estuário do Mondego. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 138 p.

Cardoso, P.G.; A.I. Lillebø; M.A. Pardal; S.M. Ferreira & J.C. Marques (2002) - The effect of different primary producers on *Hydrobia ulvae* population dynamics: a case study in a temperate intertidal estuary. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 277: 173-195.

Castanho, J. P., Gomes, N. A., Oliveira I. B. Mota & Simões, J. P. (1981) - Coastal erosion ~ caused by harbour Works on the Portuguese coast and corrective measures. 24th Naveg. Cong., Edinburg, pp.877-898.

Coelho, C., (2005) - Riscos de Exposição de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira. Dissertação de doutoramento, Universidade de Aveiro.

Cunha, P.P. (1998) – A evolução do litoral de Portugal Central análise das transformações globais e do desenvolvimento sustentável das zonas costeiras. III Jornadas de outono da Geografia Física – Gestão de conservação do litoral (Comunicações), Fac. De Letras da Univ. do Porto, 13p.

Cunha, P. P. (1998) – Impactes antrópicos na área dunar da Figueira da Foz – Leirosa. Seminário Dunas da Zona Costeira de Portugal (Atas), Associação Eurocoast-Portugal (ed.), Leiria, pp. 105-118.

Cunha, P. Proença (1999) - Erosão no troço costeiro Cabo Mondego - Figueira da Foz: controlos naturais/antrópicos e implicações na gestão o litoral e das adjacentes bacias hidrográficas. IV Simpósio de Hidráulica e recursos hídricos dos países de língua oficial portuguesa (Comunicações), Universidade de Coimbra, 22p.

Cunha, P. P., Dinis, J. L., Silva, A. F. & André, J. N. (1995) – Evolução estuarina condicionada por intervenções portuárias: modificações recentes no setor intermédio e distal do Estuário do Mondego. Memórias e Notícias, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, nº120, pp. 95-117.

Cunha, P. Proença & Dinis, J.L.(1995)- Evolução holocénica do estuário do Rio Mondego (Portugal) - controlos naturais e antrópicos. Reunión monográfica sobre el cambio de la costa: Los sistemas de rias (Comunicaciones), Vigo, pp. 39-43.

Cunha, P. Proença & Dinis, J.L. (2002) - Sedimentary dynamics of the Mondego Estuary, In: "Aquatic Ecology of the Mondego River Basin Global Importance of Local Experience". Eds. Miguel Pardal, João Marques & Manuel Graça, Imprensa da Universidade, Coimbra, pp. 43-62.



Cunha, P. P. & Mendes, J. A. (2000) – Análise das dragagens no Porto da Figueira da Foz (Estuário do Mondego). In: Perspetivas de Gestão Integrada de Ambientes Costeiros. Associação Eurocoast-Portugal, pp. 197-214.

Cunha, P. P., Silva, A. F., André, J. N. & Cabral, M. C. (1997) – Considerações sobre a evolução atual do litoral entre a Figueira da Foz e Nazaré. Vol. Esp. “Coletânea de ideias sobre a zona costeira de Portugal”, Assoc. Eurocoast-Portugal (ed.), pp. 503-524.

Dias, J. A. (1993) – Estudo de Avaliação da Situação Ambiental e Propostas de Medidas de Salvaguarda para a Faixa Costeira Portuguesa (Parte de Geologia Costeira). Liga para a Proteção da Natureza/ Ministério do Ambiente, relatório não publicado. Lisboa, 137p.

Dias, J. A., (2003) - Portugal e o Mar - Importância da Oceanografia para Portugal, Editora – Apenas Livros, Coleção omniCiência.

Dias, J.A. (2005) – Evolução da Zona Costeira Portuguesa: Forçamentos antrópicos e Naturais. Revista Encontros Científicos – Turismo, Gestão, Fiscalidade, 1:7-27, Faro.

Dias, J. A., Ferreira, Ó. & Pereira, A. R. (1994) – Estudo Sintético de Diagnóstico da Geomorfologia e da Dinâmica Sedimentar dos Troços Costeiros entre Espinho e Nazaré. Relatório Final. Instituto da Conservação da Natureza, relatório não publicado, 137 p

Dias, J.M.A. (1990) – A evolução do litoral português. Geonovas, 11: 15-28, Associação Portuguesa de Geólogos, Lisboa.

Dias, J.A. (2004) – A história da evolução do litoral português nos últimos vinte milénios. In: Tavares, A.A., Tavares, M.J.F. & Cardoso, J.L., Evolução Geohistórica do Litoral Português e Fenómenos Correlativos: Geologia, História, Arqueologia e Climatologia, pp.157-170, Lisboa.

Dolbeth, M.; M.A. Pardal; A.I. Lillebø; U. Azeiteiro & J.C. Marques (2003) - Short and long-term effects of eutrophication on the secondary production of an intertidal macrobenthic community.

Duarte, D.N.R. (1990) Caracterização dos sedimentos do estuário do Mondego. Relatório de atividades.

Duarte, A.S.; J.L. Pinho; M.A. Pardal; J.M. Neto; J.P. Vieira; F.S. Santos (2002). In Miguel Ângelo Pardal, João Carlos Marques and Manuel Augusto Graça (eds.) Aquatic Ecology of the Mondego River Basin – Global Importance of Local Experience. Imprensa da Universidade de Coimbra, 576p

Duarte, D. N. R.; Blanton, J. O.; Boski, T. & Dias, J. M. A. (2000) - Estudo da Propagação não Linear da Maré no Estuário do Mondego (Portugal), com base na componente M4. 3º Simpósio sobre a Margem Continental Ibérica Atlântica, pp. 31-32, Faro.

Duarte, D.N.R. & R.B.P. Reis (1991) - Transporte e distribuição anual de sedimentos infratidais no estuário do Mondego. In Resumos do 3º. Congresso Nacional de Geologia, Coimbra, 106 p.

Duarte, D.N.R. & Reis, B.P.R. (1993) - Contribuição para a caracterização hidrodinâmica do estuário do rio Mondego. In Resumos da 3ª. Reunião do Quaternário Ibérico, Coimbra, 104 p.

EEA, (2006) - The changing faces of Europe's coastal areas. E. Report (Ed.), p. 07 (Copenhagen: 1 European Environment Agency).

Ferreira, Ó (1993) - Caracterização dos principais fatores condicionantes do balanço sedimentar e da evolução da linha de costa entre Aveiro e o Cabo Mondego. Tese de Mestrado, Universidade de Lisboa, 166 p. (não publicado).

Ferreira, Ó. e Dias, J. M. A. (1991) - Evolução recente de alguns troços do litoral entre espinho e o Cabo Mondego. Atas do 2º Simpósio sobre Proteção e Revalorização da Faixa Costeira do Minho ao Liz, Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, Universidade do Porto, 1 : 85-94.

Flindt, M.R.; L. Kamp-Nielsen; J.C. Marques; M.A. Pardal; M. Bocci; G. Bendoricho; S.N. Nielsen; S.E. Jørgensen (1997) - Description of the three shallow estuaries: Mondego river (Portugal), Roskilde fjord (Denmark) and the Lagoon of Venice (Italy). *Ecological Modelling*, 102: 17-31.

Folk, R.L. & Ward, W.C. (1957) – Brazos River Bar: A Study in the Significance of Grain-Size Parameters. *Journal of Sedimentary Research*, 27(1):3-26 pp.

Hallermeler, R.J.(1981) -A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate. *Coastal Engineering*, 4: 253-277.

King, C. A. M. (1980) – *Physical Geography*. Basil Blackwell, Oxford, 332 p.

Komar, P. D. (1976) – *Beach Processes and Sedimentation*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 429p.

Krumbein, W. C. (1934) - Size Frequency Distributions of Sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, 4: 65-77 pp.

Lillebø, A.I. (1996) - Estrutura populacional, dinâmica e produção de *Hydrobia ulvae* (Pennant) (Mollusca: Prosobranchia) ao longo de um gradiente de eutrofização no estuário do Mondego (Portugal). Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 111p.

Lillebø, A.I. (2000) - The effect of salt marshes plants on the nutrient dynamics in the Mondego estuary (Portugal). Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 159 p.

Lillebø, A.I.; M.A. Pardal & J.C. Marques (1999) - Population structure, dynamics and production of *Hydrobia ulvae* (Pennant) (Mollusca: Prosobranchia) along an eutrophication gradient in the Mondego estuary (Portugal). *Ata Oecologica*, 20 (4): 289-304.

Lillebø, A.I.; M.A. Pardal; J.M. Neto & Marques, J.C . (2003) - Salinity as the major fator affecting *Scirpus maritimus* from field data and greenhouse experiment.

Lins, H. (1985) - Storm-Generated Variations in Nearshore Beach Topography. *Marine Geology*. Vol.62, nº1/2, pp. 163-197.

Lopes, R.J. (1999) - Impacto das aves limícolas sobre os macroinvertebrados nas áreas intertidais do estuário do Mondego (Portugal). Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 80 p.

Lopes, R.J.; M.A. Pardal & J.C. Marques (2000) - Impact of macroalgal blooms and wader predation on intertidal macroinvertebrates: experimental evidence from the Mondego estuary (Portugal). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 249: 165-179.

Magalhães, F. (1999) - Os Sedimentos da Plataforma Continental Portuguesa: contrastes espaciais, perspetiva temporal, potencialidades económicas. Tese de doutoramento, Universidade de Lisboa, 289.

MAOTDR (Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território) 2006, Bases para Estratégia de Gestão Integrada da Zona Costeira Nacional. Versão para discussão pública, p.62.

Marques, J.C. (1989) - Amphipoda (Crustacea) bentónicos da costa portuguesa: estudo taxonómico, ecológico e biogeográfico. Tese de Doutoramento em Ecologia Animal. Universidade de Coimbra, 394 p.

Marques, J.C. & A. Nogueira (1991) -Life cycle, population dynamics and production of *Echinogammarus marinus* (Leach) (Amphipoda) in the Mondego estuary (Portugal). *Oceanologica Acta*, 11: 213-223.

Marques, J. C., Graça, M. A. & Pardal, M. A. (2002) - Introducing the Mondego river basin. In Pardal M. A., Marques J. C. & Graça M. A. S. (editors) *Aquatic ecology of the Mondego river basin. Global importance of local experience*. Imprensa da Universidade, Coimbra. Chapter 1.4, pp. 7-12.

Marques, J.C. & L. Guilhermino (1988 a) - Moluscos do estuário do Mondego (zona intertidal). Inventariação faunística e análise da repartição ecológica das espécies. *Atas do Colóquio Luso-Espanhol sobre Ecologia das Bacias Hidrográficas e Recursos Zoológicos*, Porto, Portugal. 245-252.

Marques, J.C. & L. Guilhermino (1988 b) - Crustáceos Peracarídeos do estuário do Mondego (zona intertidal). Inventariação faunística e análise da repartição ecológica das espécies. *Atas do Colóquio Luso-Espanhol sobre Ecologia das Bacias Hidrográficas e Recursos Zoológicos*, Porto, Portugal. 253-260.

Marques, J.C. Maranhão, P.&Pardal, M.A.(1993) - Human impact assessment on the subtidal macrobenthic community structure in the Mondego estuary (Western Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 37, pp 403-419

Martins I.; M.A. Pardal; A.I. Lillebø; M.R. Flindt & J.C. Marques (2001) - Hydrodynamics as a major factor controlling the occurrence of green macroalgal blooms in a eutrophic estuary. A case study on the influence of precipitation and river management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 52: 165-177.

Martins, I.; J.C. Marques; S.E. Jørgensen & S. Nielsen (1997) - Modelling the effects of green macroalgal blooms on the population dynamics of *Cyathura carinata* (Crustacea: Isopoda) in an eutrophied estuary. *Ecological Modelling*, 102: 33-53.

Martins, I.; J.M. Oliveira; M.R. Flindt & J.C. Marques (1999) - The effect of salinity on the growth rate of the macroalgae *Enteromorpha intestinalis* (Chlorophyta) in the Mondego estuary (west Portugal). *Ata Oecologica*, 20 (4): 259-565.

Martins, I.I.C. (1995) -Modelling the effects of green macroalgal blooms on the population dynamics of *Cyathura carinata* (Crustacea: Isopoda) in the Mondego estuary (Portugal). Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 131 p.

Mendes, J. P. C. (2002) - Monitorização e avaliação de impactos ambientais de intervenções portuárias durante 2000-2001, no sistema sedimentar do Estuário do Mondego e litoral adjacente. Dissertação de Mestrado apresentada à FCTUC. Coimbra

Mendes N. V. J., Pinho L. S. J. (2008) – Erosão Costeira – Metodologias para a sua Quantificação, *Revista Engenharia Civil*, Nº 33 - dezembro 2008.

Mendes, S.I.L. (2010) - Monitorização topográfica e sedimentar das praias da Figueira da Foz durante a obra de prolongamento do molhe portuário Norte, setembro de 2009 a junho de 2010. Dissertação de Mestrado apresentada à FCTUC. Coimbra

Múrias, T.; J.A. Cabral; J.C. Marques & J.D. Goss-Custard (1996) - Short-term effects of intertidal macroalgal blooms on the macrohabitat selection and feeding behaviour of wading birds in the Mondego estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 43: 677-688.

Niedoroda, A.; Swift, D.; Hopkins, T. & Ma, C. (1984) - Shoreface Morphodynamics on Wave-dominated Coasts. *Marine Geology*, vol. 60, pp. 331-354.

Oliveira, M. I. B., Valle, A. J. S. F. e Miranda, F. C. C. (1982) - Littoral problems in the Portuguese West Coast. Coastal Engineering III:1950-1969.

Pardal, M.A.C. (1995) - Variação espacial e temporal das populações de poliquetas no estuário do Mondego. Dinâmica e produção de Amage adspersa (Grube, 1863). Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 121 p.

Pardal, M.A.C. (1998) - Impacto da eutrofização nas comunidades macrobentónicas do braço Sul do estuário do Mondego. Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 322 p.

Pardal, M.A.; J.C. Marques & G. Bellan (1993) - Spatial distribution and seasonal variation of subtidal polychaete populations in the Mondego estuary (western Portugal). Cahiers de Biologie Marine, 34: 497-512.

Pardal, M.A.; J.C. Marques; I. Metelo; A.I. Lillebø & M.R. Flindt (2000) - Impact of eutrophication on the life cycle, population dynamics and production of Amphitoe valida (Amphipoda) along an estuarine spatial gradient (Mondego estuary, Portugal). Marine Ecology progress Series, 196: 207-219.

Paskoff, R. (1981) – L'érosion des Côtes. Que sais-je? Presses Univ France, Paris.

Paskoff, R. (1998) - Les littoraux - impact des aménagements sur leur évolution. Armand Colin, Paris 260 p.

Pilkey, O. H., Neal, W. J., Pilkey Sr, O. H. & Riggs, S. R. (1980) – From Currituck to Calabash. Duke University Press, 244 p.

Pinto, P. (2008) - Sistemas de apoio à gestão das zonas costeiras – Aplicação de um modelo para simulação do crescimento urbano no trecho Ovar-Mira – Dissertação, Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa.

POOC (1998) - INAG e MAOTDR, Plano de Ordenamento da Orla Costeira: Ovar-Marinha Grande. Hidrotécnica Portuguesa, Estudos de base - Usos e funções do território, p. 291 (Lisboa).

Projeto das Obras - Memória descritiva (2006) – Projeto das obras de melhoria das condições de abrigo no cais do setor comercial e de manutenção do canal de acesso ao porto da Figueira da Foz - Prolongamento do Molhe Norte em 400m. Memória Descritiva e Justificativa. PROMAN.

PROT (2007) - Quadro de Referência Ambiental do PROT Centro - Relatório de UA e IDAD. (Aveiro: Universidade de Aveiro).

Rebelo, Fernando (2006) - "O mar e os riscos a ele associados", *Territorium*, 13, p. 25-33.

Rebelo, Fernando (1978) – Os temporais de 25/26 de fevereiro de 1978 no Centro de Portugal. *Finisterra*, 13 (26), pp. 244-253.

Rebelo, Fernando (2007) - "O risco de sedimentação na laguna de Aveiro. Leitura atual de um texto de Amorim Girão (1922)". *Territorium*, 14, p. 63-69.

Ribeiro, J. L. G. S. (2006) – Centralidade geo-ambiental do estuário do Mondego no ordenamento da zona costeira da Figueira da Foz. Tese de doutoramento apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 376p.

Santos, F.D., Forbes, K. & Moita, R. (Eds.). (2002). *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures - SIAM Project*. Lisbon: Gradiva.



Santos, F.D. & Miranda, P. (Eds.). (2006). Alterações climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação - Projeto SIAM II. Lisboa: Gradiva.

Sunamura, T. & Takeda, I. (1984) - Landward Migration of Inner Bars. *Marine Geology*. Vol.60, nº1/4, pp. 63-78.

Teixeira, S. (1994) - Dinâmica das praias da ria de Aveiro (Portugal). Tese de doutoramento, Universidade de Lisboa, 396 p.

The World Bank, (1994) - Coastal Zone Management and Environmental Assessment. Washington DC.

Vargas, I. C.C., Oliveira, S. B. F., Oliveira, A., Chanerca, N. (2008) - Análise da Vulnerabilidade de uma Praia Estuarina à Inundação: Aplicação à Restinga do Alfeite (Estuário do Tejo), *Revista da Gestão Costeira Integrada* 8(1): 25-43.

Wentworth, C.K. (1922) - A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *Journal of Geology*, 30(5): 377-392 pp.

Wright, L. & Short, A. (1983) - Morfodynamics beaches and Surf Zones in Australia. In: P. Komar (Ed.), C.R.C. Handbook of Coastal Processes and Erosion, Londres, pp. 35-64.

Wright, L. & Short, A. (1984) – Morfodynamics variability of Surf Zones and beaches: A Synthesis. *Marine Geology*, Vol. 56, pp. 93-118.

Wright, L.D., Chapell, J., Thom, B.G., Bradshaw, M.P. e Cowell, P., 1979. - Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems: Southeastern Australia. *Marine Geology* 32: 105-140.

# ANEXOS

## Escala de Beaufort

<b>Vento Força</b>	<b>Estado do mar</b>	<b>Termos descritivos</b>	<b>Vel. Média (Nós)</b>	<b>Vel. Média (Km/h)</b>	<b>Altura provável das vagas (metros)</b>
<b>0</b>	Como um espelho.	Calmo	<1	<1	0
<b>1</b>	Formam-se como que escamas na superfície, sem cristas de espuma.	Brisa muito leve	1-3	1-5	0,1
<b>2</b>	Encrespado. Há pequenas cristas de espuma transparente.	Brisa ligeira	4-6	6-11	0,2
<b>3</b>	Pequenas vagas cujas cristas começam a rebentar. Algumas cristas brancas.	Brisa fresca	7-10	12-19	0,6
<b>4</b>	Pequenas vagas com tendência para aumentarem de comprimento. Numerosas cristas brancas.	Vento	11-16	20-28	1
<b>5</b>	Vaga moderada. Há cristas brancas em todas as direções. Alguns borrifos.	Vento fresco	17-21	29-30	2
<b>6</b>	Começam a formar-se vagas grandes. Aumenta o número de cristas brancas. Borrifos abundantes.	Vento forte	22-27	39-49	3
<b>7</b>	A espuma branca das vagas que rebentam começam a fazer riscos.	Ventania	28-33	50-61	4
<b>8</b>	Vagas de grande comprimento. A espuma das cristas é arrastada pelo vento originando riscos muito marcados.	Temporal	34-40	62-74	5,5
<b>9</b>	Vagas muito altas, começando a enrolar. Os borrifos afetam a visibilidade.	Tempestade	41-47	75-88	7
<b>10</b>	Vagas muito altas, ficando o mar todo branco pela abundância de espuma. Visibilidade reduzida.	Tempestade violenta	48-55	89-102	9
<b>11</b>	Vagas excecionalmente altas. Visibilidade reduzida.	Tempestade muito violenta	56-63	103-117	11,5
<b>12</b>	As vagas atingem alturas desmedidas. A visibilidade é seriamente afetada.	Furacão	>64	>118	>13

Milímetros	$\mu\text{m}$	Phi ( $\phi$ )	Escala de Wentworth	
4096		-20		
1024		-12	Calhau (-8 to -12 $\phi$ )	
256		-10		
64		-8	Seixo (-6 to -8 $\phi$ )	
16		-6		
4		-4	Seixo (-2 to -6 $\phi$ )	Gravel
3.36		-2		
2.83		-1.75	Cascalho	
2.38		-1.50		
2.00		-1.25		
1.68		-1.00		
1.41		-0.75	Areia muito grosseira	
1.19		-0.50		
1.00		-0.25		
0.84		-0.00		
0.71		0.25	Areia grosseira	Sand
0.59		0.50		
1/2 - 0.50	500	0.75		
0.42	420	1.00		
0.35	350	1.25	Areia média	
0.30	300	1.50		
1/4 - 0.25	250	1.75		
0.210	210	2.00		
0.177	177	2.25	Areia fina	
0.149	149	2.50		
1/8 - 0.125	125	2.75		
0.105	105	3.00		
0.088	88	3.25	Areia muito fina	
0.074	74	3.50		
1/16 - 0.0625	63	3.75		
0.0530	53	4.00		
0.0440	44	4.25	Silte grosseiro	
0.0370	37	4.50		
1/32 - 0.0310	31	4.75		
1/64 0.0156	15.6	5	Silte médio	Mud
1/128 0.0078	7.8	6	Silte fino	
1/256 - 0.0039	3.9	7	Silte muito fino	
0.0020	2.0	8		
0.00098	0.98	9		
0.00049	0.49	10		
0.00024	0.24	11	Argila	
0.00012	0.12	12		
0.00006	0.06	13		
		14		

Escala de classificação de Wentworth

Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

Junho				Julho			
Dia	Hs(m)	Dir	Tz(s)	Dia	Hs(m)	Dir	Tz(s)
1 de junho	2,2	NW	6,9	1 de julho	1,14	NNW	5,7
2 de junho	1,36	NNW	5,8	2 de julho	0,61	NNW	5,6
3 de junho	0,96	NNW	5,4	3 de julho	1,05	NW	5,1
4 de junho	0,98	NW	6,1	4 de julho	1,27	NW	5,8
5 de junho	1,77	NNW	5,4	5 de julho	0,9	NW	5,8
6 de junho	2,88	NNW	6,3	6 de julho	1,22	NW	5,5
7 de junho	0,99	NW	3,9	7 de julho	2,56	NW	8,4
8 de junho	1,97	NNW	6,7	8 de julho	2,01	NW	6,6
9 de junho	1,32	NNW	8,5	9 de julho	1,46	NW	7,3
10 de Junho	0,99	NNW	4,6	10 de julho	1,08	NW	5,4
11 de junho	0,9	NW	4,7	11 de julho	0,58	NW	4,7
12 de junho	0,94	NW	6,3	12 de julho	1,39	NW	4,3
13 de junho	1,47	WNW	6,8	13 de julho	1,34	NW	4,6
14 de junho	1,01	WNW	5,9	14 de julho	0,97	WNW	5,1
15 de junho	0,76	W	4,9	15 de julho	1,72	NW	5,9
16 de junho	2,16	NW	9,9	16 de julho	NR	NR	NR
17 de junho	2,26	NW	7,2	17 de julho	NR	NR	NR
18 de junho	2,8	NW	8,3	18 de julho	2,27	NNW	8,3
19 de junho	2,22	NNW	8,5	19 de julho	1,77	NW	5,3
20 de junho	1,07	NNW	6,3	20 de julho	NR	NR	NR
21 de junho	1,42	WNW	7	21 de julho	2,13	NW	5,3
22 de junho	1,74	NW	5,7	22 de julho	1,58	NNW	5,4
23 de junho	1,97	NNW	5	23 de julho	1,82	NNW	5,4
24 de junho	1,29	NNW	4,9	24 de julho	1,46	NW	4,6
25 de junho	0,61	NW	5,5	25 de julho	1,25	WNW	4,9
26 de junho	1,04	WNW	7,1	26 de julho	1,94	NNW	4,8
27 de junho	0,97	W	6,5	27 de julho	1,64	NW	5
28 de junho	1,8	NNW	5,1	28 de julho	1,24	NW	5,9
29 de junho	2,56	NNW	5,9	29 de julho	1,41	NW	6,4
30 de junho	1,59	NNW	5,9	30 de julho	NR	NR	NR
				31 de julho	0,83	NW	4,8

Hs(m)- altura significativa

Dir- direção média(pico)

Tz(s)- período médio da ondulação

Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

Agosto				Setembro			
Dia	Hs(m)	Dir	Tz(s)	Dia	Hs(m)	Dir	Tz(s)
1 de agosto	0,82	NW	4,6	1 de setembro	1,2	W	4,9
2 de agosto	0,82	WNW	6,4	2 de setembro	1,09	WNW	5,1
3 de agosto	0,9	NW	9	3 de setembro	1,58	NW	8,9
4 de agosto	0,9	NW	7	4 de setembro	1,78	NW	6,4
5 de agosto	1,3	WNW	7	5 de setembro	2,73	NW	8,5
6 de agosto	1,2	WNW	5	6 de setembro	2,11	NW	6,9
7 de agosto	1,3	W	6	7 de setembro	1,93	NNW	7,6
8 de agosto	2,65	NW	6,5	8 de setembro	1,63	NNW	6,8
9 de agosto	1,67	NW	5,2	9 de setembro	1,55	NW	7,7
10 de agosto	1,26	WNW	5,8	10 de setembro	1,46	W	5,7
11 de agosto	1,6	WNW	5,8	11 de setembro	2,73	NW	7,8
12 de agosto	1,8	NNW	4,9	12 de setembro	2,22	NNW	8,1
13 de agosto	0,79	WNW	5	13 de setembro	2,79	WNW	7,6
14 de agosto	0,62	NW	6,2	14 de setembro	2,25	WNW	8
15 de agosto	1,75	NW	7	15 de setembro	1,66	NW	8,4
16 de agosto	1,15	NW	5,4	16 de setembro	1,53	NW	5,9
17 de agosto	0,81	NW	6,8	17 de setembro	1,8	NW	5,3
18 de agosto	0,55	NW	5,3	18 de setembro	1,83	NW	6
19 de agosto	1,24	NW	6,1	19 de setembro	1,93	NNW	7,7
20 de agosto	0,76	NNW	5,3	20 de setembro	1,43	NW	7,2
21 de agosto	1,16	NW	6,8	21 de setembro	2	NW	8
22 de agosto	1,62	NW	9	22 de setembro	2,68	NW	9,5
23 de agosto	1,24	NW	6,9	23 de setembro	2,2	NNW	8,8
24 de agosto	0,46	NW	5,8	24 de setembro	0,97	NW	8,4
25 de agosto	0,46	WNW	4,2	25 de setembro	1,75	WNW	8,5
26 de agosto	2,51	NNW	8,2	26 de setembro	1,25	NW	7,3
27 de agosto	2,14	NNW	6,7	27 de setembro	0,97	WNW	7,4
28 de agosto	1,62	NNW	6,5	28 de setembro	0,97	WSW	7
29 de agosto	0,88	NNW	6,2	29 de setembro	2,34	W	9,1
30 de agosto	0,68	W	3,9	30 de setembro	1,64	W	8,2
31 de agosto	1,29	W	4,6				

Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

Velocidade do vento (nós)											
	N						ENE			E	
	1a3	4a6	7a10	11a16	17a21	22a27	1a3	7a10	11a16	7a10	11a16
Junho	.	.	10	10	13	8	.	7	3	.	3
Julho	.	.	.	16	33	19	.	.	.	.	.
Agosto	.	2	3	6	3	.	.	.	.	1	.
Setembro	2	1	3	4	7	.	1	.	1	.	.

S				SW		W			WNW		
1a3	4a6	7a10	11a16	7a10	11a16	1a3	7a10	11a16	1a3	4a6	7a10
.	.	.	.	.	.	3	3	3	3	3	3
.	.	.	.	.	.	.	3	3	.	.	.
1	.	.	1	3	.	.	3	1	.	.	.
1	1	2	.	1	1	.	1	.	.	.	.

NW				NNW			
1a3	4a6	7a10	11a16	1a3	11a16	17a21	28a33
.	.	3	18	3	.	.	3
.	.	10	10	.	3	3	.
.	2	2	3	.	.	.	.
1	2	.	1	.	.	.	.

Impactes naturais e antropicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

Bola de Nívea

Jun-10				Jun-11				Jul-11			
Distância (m)	Cotas (cm)	Cotas acumuladas	Jun-10	Distância (m)	Cotas (cm)	Cotas acumuladas	Junho	Distância (m)	Cotas (cm)	Cotas acumuladas	Julho
0	0	0	5,27	0	0	0	9,67	0	0	0	9,7
2	0	0	5,27	2	9	0,09	9,76	2	-9	-0,09	9,61
4	0	0	5,27	4	1	0,1	9,77	4	-1	-0,1	9,6
6	0	0	5,27	6	0	0,1	9,77	6	0	-0,1	9,6
8	6	0,06	5,33	8	2	0,12	9,79	8	-2	-0,12	9,58
10	0	0,06	5,33	10	-5	0,07	9,74	10	-5	-0,17	9,53
12	0	0,06	5,33	12	-7	0	9,67	12	-7	-0,24	9,46
14	0	0,06	5,33	14	-5	-0,05	9,62	14	-5	-0,29	9,41
16	0	0,06	5,33	16	-7	-0,12	9,55	16	-7	-0,36	9,34
18	0	0,06	5,33	18	-7	-0,19	9,48	18	-7	-0,43	9,27
20	0	0,06	5,33	20	-8	-0,27	9,4	20	-8	-0,51	9,19
22	0	0,06	5,33	22	-9	-0,36	9,31	22	-9	-0,6	9,1
24	0	0,06	5,33	24	-7	-0,43	9,24	24	-7	-0,67	9,03
26	0	0,06	5,33	26	-8	-0,51	9,16	26	-8	-0,75	8,95
28	-6	0	5,27	28	-7	-0,58	9,09	28	-7	-0,82	8,88
30	0	0	5,27	30	-7	-0,65	9,02	30	-7	-0,89	8,81
32	0	0	5,27	32	-7	-0,72	8,95	32	-7	-0,96	8,74
34	-5	-0,05	5,22	34	-9	-0,81	8,86	34	-9	-1,05	8,65
36	-4	-0,09	5,18	36	-9	-0,9	8,77	36	-9	-1,14	8,56



Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

38	-4	-0,13	5,14	38	-9	-0,99	8,68	38	-9	-1,23	8,47
40	-6	-0,19	5,08	40	-7	-1,06	8,61	40	-7	-1,3	8,4
42	-5	-0,24	5,03	42	-2	-1,08	8,59	42	-2	-1,32	8,38
44	-4	-0,28	4,99	44	-11	-1,19	8,48	44	-11	-1,43	8,27
46	-4	-0,32	4,95	46	-13	-1,32	8,35	46	-13	-1,56	8,14
48	-6	-0,38	4,89	48	-9	-1,41	8,26	48	-9	-1,65	8,05
50	-2	-0,4	4,87	50	-7	-1,48	8,19	50	-7	-1,72	7,98
52	0	-0,4	4,87	52	-7	-1,55	8,12	52	-7	-1,79	7,91
54	0	-0,4	4,87	54	-4	-1,59	8,08	54	-4	-1,83	7,87
56	0	-0,4	4,87	56	-5	-1,64	8,03	56	-5	-1,88	7,82
58	0	-0,4	4,87	58	3	-1,61	8,06	58	3	-1,85	7,85
60	0	-0,4	4,87	60	2	-1,59	8,08	60	2	-1,83	7,87
62	0	-0,4	4,87	62	6	-1,53	8,14	62	6	-1,77	7,93
64	0	-0,4	4,87	64	4	-1,49	8,18	64	4	-1,73	7,97
66	2	-0,38	4,89	66	2	-1,47	8,2	66	2	-1,71	7,99
68	3	-0,35	4,92	68	1	-1,46	8,21	68	1	-1,7	8
70	0	-0,35	4,92	70	0	-1,46	8,21	70	0	-1,7	8
72	0	-0,35	4,92	72	0	-1,46	8,21	72	0	-1,7	8
74	4	-0,31	4,96	74	0	-1,46	8,21	74	0	-1,7	8
76	5	-0,26	5,01	76	0	-1,46	8,21	76	0	-1,7	8
78	4	-0,22	5,05	78	6	-1,4	8,27	78	6	-1,64	8,06
80	5	-0,17	5,1	80	2	-1,38	8,29	80	2	-1,62	8,08
82	0	-0,17	5,1	82	7	-1,31	8,36	82	7	-1,55	8,15
84	3	-0,14	5,13	84	6	-1,25	8,42	84	6	-1,49	8,21
86	9	-0,05	5,22	86	5	-1,2	8,47	86	5	-1,44	8,26
88	7	0,02	5,29	88	0	-1,2	8,47	88	0	-1,44	8,26
90	5	0,07	5,34	90	0	-1,2	8,47	90	0	-1,44	8,26

Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

92	6	0,13	5,4	92	2	-1,18	8,49	92	2	-1,42	8,28
94	6	0,19	5,46	94	0	-1,18	8,49	94	0	-1,42	8,28
96	4	0,23	5,5	96	0	-1,18	8,49	96	0	-1,42	8,28
98	4	0,27	5,54	98	0	-1,18	8,49	98	0	-1,42	8,28
100	6	0,33	5,6	100	0	-1,18	8,49	100	5	-1,37	8,33
102	5	0,38	5,65	102	0	-1,18	8,49	102	1	-1,36	8,34
104	7	0,45	5,72	104	4	-1,14	8,53	104	3	-1,33	8,37
106	7	0,52	5,79	106	12	-1,02	8,65	106	2	-1,31	8,39
108	5	0,57	5,84	108	-19	-1,21	8,46	108	-10	-1,41	8,29
110	5	0,62	5,89	110	-50	-1,71	7,96	110	-29	-1,7	8
112	6	0,68	5,95	112	-48	-2,19	7,48	112	-44	-2,14	7,56
114	4	0,72	5,99	114	-50	-2,69	6,98	114	-47	-2,61	7,09
116	5	0,77	6,04	116	-51	-3,2	6,47	116	-54	-3,15	6,55
118	3	0,8	6,07	118	-41	-3,61	6,06	118	-47	-3,62	6,08
120	3	0,83	6,1	120	-33	-3,94	5,73	120	-44	-4,06	5,64
122	-5	0,78	6,05	122	-31	-4,25	5,42	122	-36	-4,42	5,28
124	12	0,9	6,17	124	-26	-4,51	5,16	124	-31	-4,73	4,97
126	5	0,95	6,22	126	-16	-4,67	5	126	-23	-4,96	4,74
128	0	0,95	6,22	128	-11	-4,78	4,89	128	-13	-5,09	4,61
130	-12	0,83	6,1	130	10	-4,68	4,99	130	6	-5,03	4,67
132	-48	0,35	5,62	132	3	-4,65	5,02	132	3	-5	4,7
134	-60	-0,25	5,02	134	4	-4,61	5,06	134	0	-5	4,7
136	-48	-0,73	4,54	136	2	-4,59	5,08	136	0	-5	4,7
138	-31	-1,04	4,23	138	6	-4,53	5,14	138	0	-5	4,7
140	-21	-1,25	4,02	140	2	-4,51	5,16	140	3	-4,97	4,73
142	-21	-1,46	3,81	142	0	-4,51	5,16	142	0	-4,97	4,73
144	-18	-1,64	3,63	144	0	-4,51	5,16	144	0	-4,97	4,73

Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

146	-8	-1,72	3,55	146	5	-4,46	5,21	146	0	-4,97	4,73
148	0	-1,72	3,55	148	3	-4,43	5,24	148	1	-4,96	4,74
150	0	-1,72	3,55	150	0	-4,43	5,24	150	0	-4,96	4,74
152	0	-1,72	3,55	152	2	-4,41	5,26	152	2	-4,94	4,76
154	-14	-1,86	3,41	154	7	-4,34	5,33	154	1	-4,93	4,77
156	-22	-2,08	3,19	156	5	-4,29	5,38	156	0	-4,93	4,77
158	-19	-2,27	3	158	6	-4,23	5,44	158	5	-4,88	4,82
160	-12	-2,39	2,88	160	5	-4,18	5,49	160	6	-4,82	4,88
162	-5	-2,44	2,83	162	12	-4,06	5,61	162	-6	-4,88	4,82
164	0	-2,44	2,83	164	-24	-4,3	5,37	164	-17	-5,05	4,65
166	2	-2,42	2,85	166	-28	-4,58	5,09	166	-17	-5,22	4,48
168	0	-2,42	2,85	168	-20	-4,78	4,89	168	-22	-5,44	4,26
170	-5	-2,47	2,8	170	-16	-4,94	4,73	170	-17	-5,61	4,09
172	-12	-2,59	2,68	172	-14	-5,08	4,59	172	-14	-5,75	3,95
174	-22	-2,81	2,46	174	-14	-5,22	4,45	174	5	-5,7	4
176	-25	-3,06	2,21	176	4	-5,18	4,49	176	6	-5,64	4,06
178	-30	-3,36	1,91	178	7	-5,11	4,56	178	6	-5,58	4,12
180	-28	-3,64	1,63	180	9	-5,02	4,65	180	2	-5,56	4,14
182	-30	-3,94	1,33	182	7	-4,95	4,72	182	4	-5,52	4,18
184	-30	-4,24	1,03	184	6	-4,89	4,78	184	6	-5,46	4,24
186	-29	-4,53	0,74	186	5	-4,84	4,83	186	1	-5,45	4,25
188	-29	-4,82	0,45	188	4	-4,8	4,87	188	4	-5,41	4,29
190	-23	-5,05	0,22	190	6	-4,74	4,93	190	10	-5,31	4,39
192	-22	-5,27	0	192	16	-4,58	5,09	192	9	-5,22	4,48
194				194	21	-4,37	5,3	194	8	-5,14	4,56
196				196	-27	-4,64	5,03	196	8	-5,06	4,64
198				198	-23	-4,87	4,8	198	8	-4,98	4,72



Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

Bola  
de  
Nívea

Ago-11				Set-11			
Distância (m)	Cotas (cm)	Cotas acumuladas	Agosto	Distância (m)	Cotas (cm)	Cotas acumuladas	Setembro
0	0	0	10,36	0	0	0	10,99
2	-4	-0,04	10,32	2	-6	-0,06	10,93
4	-2	-0,06	10,30	4	-2	-0,08	10,91
6	0	-0,06	10,30	6	-1	-0,09	10,9
8	-1	-0,07	10,29	8	-3	-0,12	10,87
10	-2	-0,09	10,27	10	-4	-0,16	10,83
12	-4	-0,13	10,23	12	-4	-0,2	10,79
14	-4	-0,17	10,19	14	-4	-0,24	10,75
16	-5	-0,22	10,14	16	-5	-0,29	10,7
18	-3	-0,25	10,11	18	-3	-0,32	10,67
20	-4	-0,29	10,07	20	-7	-0,39	10,6
22	-5	-0,34	10,02	22	-7	-0,46	10,53
24	-6	-0,4	9,96	24	-8	-0,54	10,45
26	-8	-0,48	9,88	26	-8	-0,62	10,37
28	-8	-0,56	9,80	28	-8	-0,7	10,29

Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

30	-7	-0,63	9,73	30	-7	-0,77	10,22
32	-9	-0,72	9,64	32	-9	-0,86	10,13
34	-8	-0,8	9,56	34	-8	-0,94	10,05
36	-9	-0,89	9,47	36	-9	-1,03	9,96
38	-9	-0,98	9,38	38	-9	-1,12	9,87
40	-10	-1,08	9,28	40	-10	-1,22	9,77
42	-6	-1,14	9,22	42	-6	-1,28	9,71
44	-6	-1,2	9,16	44	-6	-1,34	9,65
46	-9	-1,29	9,07	46	-11	-1,45	9,54
48	-9	-1,38	8,98	48	-9	-1,54	9,45
50	-9	-1,47	8,89	50	-11	-1,65	9,34
52	-9	-1,56	8,80	52	-9	-1,74	9,25
54	-8	-1,64	8,72	54	-11	-1,85	9,14
56	-9	-1,73	8,63	56	-9	-1,94	9,05
58	-6	-1,79	8,57	58	-6	-2	8,99
60	5	-1,74	8,62	60	5	-1,95	9,04
62	3	-1,71	8,65	62	3	-1,92	9,07
64	4	-1,67	8,69	64	4	-1,88	9,11
66	4	-1,63	8,73	66	4	-1,84	9,15
68	3	-1,6	8,76	68	3	-1,81	9,18
70	2	-1,58	8,78	70	2	-1,79	9,2
72	1	-1,57	8,79	72	1	-1,78	9,21
74	1	-1,56	8,80	74	1	-1,77	9,22
76	0	-1,56	8,80	76	0	-1,77	9,22
78	3	-1,53	8,83	78	3	-1,74	9,25
80	2	-1,51	8,85	80	2	-1,72	9,27
82	3	-1,48	8,88	82	3	-1,69	9,3

Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

84	2	-1,46	8,90	84	2	-1,67	9,32
86	0	-1,46	8,90	86	0	-1,67	9,32
88	1	-1,45	8,91	88	1	-1,66	9,33
90	2	-1,43	8,93	90	2	-1,64	9,35
92	0	-1,43	8,93	92	0	-1,64	9,35
94	0	-1,43	8,93	94	0	-1,64	9,35
96	0	-1,43	8,93	96	2	-1,62	9,37
98	0	-1,43	8,93	98	1	-1,61	9,38
100	0	-1,43	8,93	100	2	-1,59	9,4
102	1	-1,42	8,94	102	5	-1,54	9,45
104	3	-1,39	8,97	104	-9	-1,63	9,36
106	6	-1,33	9,03	106	-15	-1,78	9,21
108	-13	-1,46	8,90	108	-29	-2,07	8,92
110	-30	-1,76	8,60	110	-35	-2,42	8,57
112	-36	-2,12	8,24	112	-40	-2,82	8,17
114	-41	-2,53	7,83	114	-43	-3,25	7,74
116	-41	-2,94	7,42	116	-43	-3,68	7,31
118	-41	-3,35	7,01	118	-38	-4,06	6,93
120	-43	-3,78	6,58	120	-36	-4,42	6,57
122	-37	-4,15	6,21	122	-27	-4,69	6,3
124	-32	-4,47	5,89	124	-20	-4,89	6,1
126	-26	-4,73	5,63	126	-13	-5,02	5,97
128	-13	-4,86	5,50	128	6	-4,96	6,03
130	-9	-4,95	5,41	130	7	-4,89	6,1
132	6	-4,89	5,47	132	5	-4,84	6,15
134	3	-4,86	5,50	134	3	-4,81	6,18
136	1	-4,85	5,51	136	2	-4,79	6,2

Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

138	0	-4,85	5,51	138	3	-4,76	6,23
140	1	-4,84	5,52	140	0	-4,76	6,23
142	3	-4,81	5,55	142	0	-4,76	6,23
144	2	-4,79	5,57	144	0	-4,76	6,23
146	0	-4,79	5,57	146	0	-4,76	6,23
148	2	-4,77	5,59	148	1	-4,75	6,24
150	0	-4,77	5,59	150	1	-4,74	6,25
152	0	-4,77	5,59	152	1	-4,73	6,26
154	2	-4,75	5,61	154	2	-4,71	6,28
156	1	-4,74	5,62	156	2	-4,69	6,3
158	-5	-4,79	5,57	158	6	-4,63	6,36
160	-5	-4,84	5,52	160	-11	-4,74	6,25
162	-10	-4,94	5,42	162	-14	-4,88	6,11
164	-14	-5,08	5,28	164	-17	-5,05	5,94
166	-19	-5,27	5,09	166	-15	-5,2	5,79
168	-15	-5,42	4,94	168	-11	-5,31	5,68
170	-15	-5,57	4,79	170	-5	-5,36	5,63
172	-15	-5,72	4,64	172	2	-5,34	5,65
174	-11	-5,83	4,53	174	0	-5,34	5,65
176	-10	-5,93	4,43	176	4	-5,3	5,69
178	-11	-6,04	4,32	178	4	-5,26	5,73
180	-7	-6,11	4,25	180	3	-5,23	5,76
182	-10	-6,21	4,15	182	2	-5,21	5,78
184	-6	-6,27	4,09	184	5	-5,16	5,83
186	3	-6,24	4,12	186	3	-5,13	5,86
188	2	-6,22	4,14	188	5	-5,08	5,91
190	4	-6,18	4,18	190	1	-5,07	5,92



Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

1 9 2	2	-6,16	4,20	1 9 2	3	-5,04	5,95
1 9 4	2	-6,14	4,22	1 9 4	4	-5	5,99
1 9 6	4	-6,1	4,26	1 9 6	6	-4,94	6,05
1 9 8	7	-6,03	4,33	1 9 8	6	-4,88	6,11
2 0 0	4	-5,99	4,37	2 0 0	8	-4,8	6,19
2 0 2	7	-5,92	4,44	2 0 2	-14	-4,94	6,05
2 0 4	12	-5,8	4,56	2 0 4	-19	-5,13	5,86
2 0 6	10	-5,7	4,66	2 0 6	-21	-5,34	5,65
2 0 8	9	-5,61	4,75	2 0 8	-23	-5,57	5,42
2 1 0	2	-5,59	4,77	2 1 0	-26	-5,83	5,16
2 1 2	0	-5,59	4,77	2 1 2	-29	-6,12	4,87
2 1 4	1	-5,58	4,78	2 1 4	-27	-6,39	4,6
2 1 6	-5	-5,63	4,73	2 1 6	-25	-6,64	4,35
2 1 8	-15	-5,78	4,58	2 1 8	-24	-6,88	4,11
2 2 0	-25	-6,03	4,33	2 2 0	-25	-7,13	3,86
2 2 2	-22	-6,25	4,11	2 2 2	-23	-7,36	3,63
2 2 4	-24	-6,49	3,87	2 2 4	-25	-7,61	3,38
2 2 6	-27	-6,76	3,60	2 2 6	-22	-7,83	3,16
2 2 8	-28	-7,04	3,32	2 2 8	-24	-8,07	2,92
2 3 0	-29	-7,33	3,03	2 3 0	-24	-8,31	2,68
2 3 2	-30	-7,63	2,73	2 3 2	-23	-8,54	2,45
2 3 4	-30	-7,93	2,43	2 3 4	-23	-8,77	2,22
2 3 6	-28	-8,21	2,15	2 3 6	-22	-8,99	2
2 3 8	-26	-8,47	1,89	2 3 8	-21	-9,2	1,79
2 4 0	-24	-8,71	1,65	2 4 0	-20	-9,4	1,59
2 4 2	-25	-8,96	1,40	2 4 2	-17	-9,57	1,42
2 4 4	-23	-9,19	1,17	2 4 4	-18	-9,75	1,24

**Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente**

2 4 6	-23	-9,42	0,94	2 4 6	-18	-9,93	1,06
2 4 8	-21	-9,63	0,73	2 4 8	-18	-10,1	0,88
2 5 0	-20	-9,83	0,53	2 5 0	-17	-10,3	0,71
2 5 2	-17	-10	0,36	2 5 2	-16	-10,4	0,55
2 5 4	-18	-10,2	0,18	2 5 4	-15	-10,6	0,4
2 5 6	-18	-10,4	0	2 5 6	-14	-10,7	0,26
2 5 8				2 5 8	-13	-10,9	0,13
2 6 0				2 6 0	-13	-11	0
2 6 2				2 6 2			

Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

**Farolim de Buarcos**

Jun-10				Jun-11				Jul-11			
Distância (m)	Cotas (cm)	Cotas acumuladas	Jun-10	Distância (m)	Cotas (cm)	Cotas acumuladas	Junho	Distância (m)	Cotas (cm)	Cotas acumuladas	Julho
0	0	0	6,38	0	0	0	6,21	0	0	0	5,91
2	-3	-0,03	6,35	2	6	0,06	6,27	2	6	0,06	5,97
4	0	-0,03	6,35	4	6	0,12	6,33	4	6	0,12	6,03
6	0	-0,03	6,35	6	6	0,18	6,39	6	6	0,18	6,09
8	-6	-0,09	6,29	8	6	0,24	6,45	8	6	0,24	6,15
10	-5	-0,14	6,24	10	5	0,29	6,5	10	5	0,29	6,2
12	-4	-0,18	6,2	12	6	0,35	6,56	12	6	0,35	6,26
14	0	-0,18	6,2	14	5	0,4	6,61	14	5	0,4	6,31
16	0	-0,18	6,2	16	3	0,43	6,64	16	3	0,43	6,34
18	0	-0,18	6,2	18	4	0,47	6,68	18	4	0,47	6,38
20	0	-0,18	6,2	20	4	0,51	6,72	20	4	0,51	6,42
22	0	-0,18	6,2	22	2	0,53	6,74	22	2	0,53	6,44
24	0	-0,18	6,2	24	0	0,53	6,74	24	0	0,53	6,44
26	0	-0,18	6,2	26	3	0,56	6,77	26	3	0,56	6,47
28	0	-0,18	6,2	28	2	0,58	6,79	28	2	0,58	6,49
30	0	-0,18	6,2	30	2	0,6	6,81	30	2	0,6	6,51
32	0	-0,18	6,2	32	3	0,63	6,84	32	3	0,63	6,54

Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

34	0	-0,18	6,2	34	5	0,68	6,89	34	5	0,68	6,59
36	0	-0,18	6,2	36	5	0,73	6,94	36	5	0,73	6,64
38	0	-0,18	6,2	38	5	0,78	6,99	38	5	0,78	6,69
40	4	-0,14	6,24	40	5	0,83	7,04	40	5	0,83	6,74
42	0	-0,14	6,24	42	0	0,83	7,04	42	0	0,83	6,74
44	0	-0,14	6,24	44	3	0,86	7,07	44	3	0,86	6,77
46	7	-0,07	6,31	46	4	0,9	7,11	46	4	0,9	6,81
48	5	-0,02	6,36	48	3	0,93	7,14	48	3	0,93	6,84
50	5	0,03	6,41	50	-4	0,89	7,1	50	-4	0,89	6,8
52	6	0,09	6,47	52	-6	0,83	7,04	52	-6	0,83	6,74
54	0	0,09	6,47	54	-9	0,74	6,95	54	-9	0,74	6,65
56	0	0,09	6,47	56	-10	0,64	6,85	56	-10	0,64	6,55
58	0	0,09	6,47	58	-13	0,51	6,72	58	-13	0,51	6,42
60	0	0,09	6,47	60	-17	0,34	6,55	60	-17	0,34	6,25
62	0	0,09	6,47	62	-15	0,19	6,4	62	-15	0,19	6,1
64	0	0,09	6,47	64	-17	0,02	6,23	64	-17	0,02	5,93
66	0	0,09	6,47	66	-15	-0,13	6,08	66	-15	-0,13	5,78
68	0	0,09	6,47	68	-13	-0,26	5,95	68	-13	-0,26	5,65
70	0	0,09	6,47	70	-13	-0,39	5,82	70	-13	-0,39	5,52
72	0	0,09	6,47	72	-9	-0,48	5,73	72	-9	-0,48	5,43
74	0	0,09	6,47	74	-10	-0,58	5,63	74	-10	-0,58	5,33
76	0	0,09	6,47	76	-7	-0,65	5,56	76	-7	-0,65	5,26
78	0	0,09	6,47	78	5	-0,6	5,61	78	5	-0,6	5,31
80	-1	0,08	6,46	80	6	-0,54	5,67	80	6	-0,54	5,37
82	-1	0,07	6,45	82	6	-0,48	5,73	82	6	-0,48	5,43
84	-1	0,06	6,44	84	6	-0,42	5,79	84	6	-0,42	5,49
86	-1	0,05	6,43	86	7	-0,35	5,86	86	7	-0,35	5,56
88	-3	0,02	6,4	88	6	-0,29	5,92	88	6	-0,29	5,62
90	-2	0	6,38	90	6	-0,23	5,98	90	6	-0,23	5,68

Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

9,2	-2	-0,02	6,36	9,2	9	-0,14	6,07	9,2	9	-0,14	5,77
9,4	-4	-0,06	6,32	9,4	6	0	6,21	9,4	6	0	5,91
9,6	-4	-0,1	6,28	9,6	8	0,08	6,29	9,6	8	0,08	5,99
9,8	-3	-0,13	6,25	9,8	9	0,17	6,38	9,8	9	0,17	6,08
10,0	-2	-0,15	6,23	10,0	7	0,24	6,45	10,0	7	0,24	6,15
10,2	-2	-0,17	6,21	10,2	5	0,29	6,5	10,2	5	0,29	6,2
10,4	-2	-0,19	6,19	10,4	4	0,33	6,54	10,4	4	0,33	6,24
10,6	-3	-0,22	6,16	10,6	4	0,37	6,58	10,6	4	0,37	6,28
10,8	-5	-0,27	6,11	10,8	2	0,39	6,6	10,8	2	0,39	6,3
11,0	0	-0,27	6,11	11,0	1	0,4	6,61	11,0	1	0,4	6,31
11,2	0	-0,27	6,11	11,2	4	0,44	6,65	11,2	4	0,44	6,35
11,4	0	-0,27	6,11	11,4	4	0,48	6,69	11,4	4	0,48	6,39
11,6	0	-0,27	6,11	11,6	3	0,51	6,72	11,6	3	0,51	6,42
11,8	0	-0,27	6,11	11,8	0	0,51	6,72	11,8	0	0,51	6,42
12,0	0	-0,27	6,11	12,0	4	0,55	6,76	12,0	3	0,54	6,45
12,2	0	-0,27	6,11	12,2	4	0,59	6,8	12,2	2	0,56	6,47
12,4	0	-0,27	6,11	12,4	4	0,63	6,84	12,4	2	0,58	6,49
12,6	0	-0,27	6,11	12,6	5	0,68	6,89	12,6	2	0,6	6,51
12,8	0	-0,27	6,11	12,8	3	0,71	6,92	12,8	3	0,63	6,54
13,0	0	-0,27	6,11	13,0	7	0,78	6,99	13,0	5	0,68	6,59
13,2	0	-0,27	6,11	13,2	9	0,87	7,08	13,2	-16	0,52	6,43
13,4	2	-0,25	6,13	13,4	-21	0,66	6,87	13,4	-53	-0,01	5,9
13,6	0	-0,25	6,13	13,6	-27	0,39	6,6	13,6	-67	-0,68	5,23
13,8	0	-0,25	6,13	13,8	-33	0,06	6,27	13,8	-55	-1,23	4,68
14,0	0	-0,25	6,13	14,0	-40	-0,34	5,87	14,0	-39	-1,62	4,29
14,2	0	-0,25	6,13	14,2	-40	-0,74	5,47	14,2	-37	-1,99	3,92
14,4	0	-0,25	6,13	14,4	-34	-1,08	5,13	14,4	-37	-2,36	3,55
14,6	-7	-0,32	6,06	14,6	-39	-1,47	4,74	14,6	-37	-2,73	3,18
14,8	-6	-0,38	6	14,8	-37	-1,84	4,37	14,8	-37	-3,1	2,81

Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

150	-12	-0,5	5,88	150	-40	-2,24	3,97	150	-35	-3,45	2,46
152	-16	-0,66	5,72	152	-35	-2,59	3,62	152	-34	-3,79	2,12
154	-17	-0,83	5,55	154	-35	-2,94	3,27	154	-31	-4,1	1,81
156	-10	-0,93	5,45	156	-36	-3,3	2,91	156	-30	-4,4	1,51
158	-9	-1,02	5,36	158	-36	-3,66	2,55	158	-30	-4,7	1,21
160	-8	-1,1	5,28	160	-34	-4	2,21	160	-28	-4,98	0,93
162	-10	-1,2	5,18	162	-32	-4,32	1,89	162	-30	-5,28	0,63
164	-41	-1,61	4,77	164	-32	-4,64	1,57	164	-30	-5,58	0,33
166	-39	-2	4,38	166	-30	-4,94	1,27	166	-33	-5,91	0
168	-35	-2,35	4,03	168	-30	-5,24	0,97	168			
170	-32	-2,67	3,71	170	-27	-5,51	0,7	170			
172	-33	-3	3,38	172	-26	-5,77	0,44	172			
174	-30	-3,3	3,08	174	-23	-6	0,21	174			
176	-31	-3,61	2,77	176	-21	-6,21	0	176			
178	-31	-3,92	2,46	178				178			
180	-31	-4,23	2,15	180				180			
182	-32	-4,55	1,83	182				182			
184	-32	-4,87	1,51	184				184			
186	-31	-5,18	1,2	186				186			
188	-30	-5,48	0,9	188				188			
190	-30	-5,78	0,6	190				190			
192	-30	-6,08	0,3	192				192			
194	-30	-6,38	0	194				194			

Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

**Farolim  
de  
Buarcos**

Ago-11				Set-11			
Distância (m)	Cotas (cm)	Cotas acumuladas	Agosto	Distância (m)	Cotas (cm)	Cotas acumuladas	Setembro
0	0	0	5,92	0	0	0	5,71
2	0	0	5,92	2	7	0,07	5,78
4	0	0	5,92	4	3	0,1	5,81
6	0	0	5,92	6	2	0,12	5,83
8	7	0,07	5,99	8	3	0,15	5,86
10	3	0,1	6,02	10	4	0,19	5,9
12	2	0,12	6,04	12	6	0,25	5,96
14	3	0,15	6,07	14	4	0,29	6
16	4	0,19	6,11	16	5	0,34	6,05
18	6	0,25	6,17	18	3	0,37	6,08
20	4	0,29	6,21	20	2	0,39	6,1
22	5	0,34	6,26	22	2	0,41	6,12
24	3	0,37	6,29	24	0	0,41	6,12
26	2	0,39	6,31	26	3	0,44	6,15
28	2	0,41	6,33	28	2	0,46	6,17
30	0	0,41	6,33	30	1	0,47	6,18
32	3	0,44	6,36	32	2	0,49	6,2

Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

34	2	0,46	6,38	34	0	0,49	6,2
36	1	0,47	6,39	36	0	0,49	6,2
38	2	0,49	6,41	38	2	0,51	6,22
40	0	0,49	6,41	40	1	0,52	6,23
42	0	0,49	6,41	42	2	0,54	6,25
44	2	0,51	6,43	44	2	0,56	6,27
46	1	0,52	6,44	46	4	0,6	6,31
48	2	0,54	6,46	48	5	0,65	6,36
50	-2	0,52	6,44	50	-9	0,56	6,27
52	-4	0,48	6,4	52	-6	0,5	6,21
54	-5	0,43	6,35	54	-9	0,41	6,12
56	-9	0,34	6,26	56	-7	0,34	6,05
58	-6	0,28	6,2	58	-12	0,22	5,93
60	-9	0,19	6,11	60	-17	0,05	5,76
62	-7	0,12	6,04	62	-14	-0,09	5,62
64	-12	2E-16	5,92	64	-14	-0,23	5,48
66	-17	-0,17	5,75	66	-15	-0,38	5,33
68	-14	-0,31	5,61	68	-13	-0,51	5,2
70	-14	-0,45	5,47	70	-7	-0,58	5,13
72	-15	-0,6	5,32	72	-7	-0,65	5,06
74	-13	-0,73	5,19	74	-6	-0,71	5
76	-7	-0,8	5,12	76	-7	-0,78	4,93
78	7	-0,73	5,19	78	8	-0,7	5,01
80	6	-0,67	5,25	80	5	-0,65	5,06
82	7	-0,6	5,32	82	2	-0,63	5,08
84	8	-0,52	5,4	84	5	-0,58	5,13
86	5	-0,47	5,45	86	7	-0,51	5,2
88	2	-0,45	5,47	88	9	-0,42	5,29
90	5	-0,4	5,52	90	5	-0,37	5,34



Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente

92	7	-0,33	5,59	92	3	-0,34	5,37
94	9	-0,24	5,68	94	4	-0,3	5,41
96	5	-0,19	5,73	96	6	-0,24	5,47
98	3	-0,16	5,76	98	2	-0,22	5,49
100	4	-0,12	5,8	100	4	-0,18	5,53
102	6	-0,06	5,86	102	0	-0,18	5,53
104	2	-0,04	5,88	104	2	-0,16	5,55
106	4	3E-16	5,92	106	1	-0,15	5,56
108	0	3E-16	5,92	108	0	-0,15	5,56
110	2	0,02	5,94	110	0	-0,15	5,56
112	1	0,03	5,95	112	-19	-0,34	5,37
114	0	0,03	5,95	114	-43	-0,77	4,94
116	0	0,03	5,95	116	-39	-1,16	4,55
118	0	0,03	5,95	118	-41	-1,57	4,14
120	-5	-0,02	5,9	120	-35	-1,92	3,79
122	-5	-0,07	5,85	122	-40	-2,32	3,39
124	-2	-0,09	5,83	124	-35	-2,67	3,04
126	4	-0,05	5,87	126	-33	-3	2,71
128	-4	-0,09	5,83	128	-33	-3,33	2,38
130	-47	-0,56	5,36	130	-30	-3,63	2,08
132	-60	-1,16	4,76	132	-31	-3,94	1,77
134	-56	-1,72	4,2	134	-29	-4,23	1,48
136	-45	-2,17	3,75	136	-27	-4,5	1,21
138	-40	-2,57	3,35	138	-25	-4,75	0,96
140	-40	-2,97	2,95	140	-26	-5,01	0,7
142	-37	-3,34	2,58	142	-24	-5,25	0,46
144	-38	-3,72	2,2	144	-24	-5,49	0,22
146	-36	-4,08	1,84	146	-22	-5,71	0
148	-35	-4,43	1,49	148			

**Impactes naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente**

150	-34	-4,77	1,15	150	
152	-30	-5,07	0,85	152	
154	-28	-5,35	0,57	154	
156	-26	-5,61	0,31	156	
158	-31	-5,92	0	158	