

**UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

## **Vulnerabilidade dos Sistemas Dunares da Praia do Meco**

Cátia Vanessa Pereira de Sousa

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil de Engenharia Ecológica

Orientadora: Prof. Doutora Teresa Calvão

Co-orientadora: Prof. Doutora Paula Sobral

Lisboa

2010



## **Agradecimentos**

Dirijo-me, nas próximas linhas, às pessoas que contribuíram de forma directa ou indirecta para a finalização desta dissertação, às quais gostaria de expressar o meu profundo agradecimento.

Agradeço à professora Doutora Teresa Calvão, minha orientadora, pela sempre pronta disponibilidade, pela força que deu nos momentos de desânimo, pela paciência demonstrada durante todo este período, pela companhia e auxílio nas saídas de campo e pelo conhecimento que manifestou na orientação deste trabalho de investigação.

Agradeço à professora Doutora Paula Sobral, minha co-orientadora, a sua disponibilidade, todo o apoio prestado e troca de opiniões.

Agradeço à Câmara Municipal de Sesimbra que gentilmente disponibilizou o ortofotomapa da praia do Meco.

Um agradecimento especial aos meus pais pelo amor, carinho, educação e incentivo para voar sempre mais alto. O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade, com que acontecem, que sem dificuldades não existe beleza na vida, os erros são o modo que a vida tem de nos ensinar.

Agradeço ao meu amor, Fábio, por todo o seu apoio, paciência e compreensão.

Agradeço à minha amiga Sílvia pela dedicação manifestada durante este percurso, que sempre me fez ver que o conhecimento humano começa com a intuição.

Agradeço aos meus colegas e, acima de tudo, amigos, Irina, Ana, Isabel, Paulo, Hugo e Cátia pela preocupação constante, sempre prontos a ajudar, pela troca de impressões e partilha de ideias.



## Resumo

Os sistemas dunares costeiros, ecossistemas muito dinâmicos, complexos e frágeis, caracterizam-se pela sua dependência directa do mar, constituindo ecossistemas únicos de transição entre o domínio continental e o domínio marinho. Constituem ecossistemas de elevado valor conservacionista, especialmente no que diz respeito à vegetação, ostentando uma riqueza florística com características únicas. Prestam valiosos serviços, nomeadamente, na protecção do interior, formando barreiras físicas naturais muito resistentes à acção dos ventos e das ondas. Distribuem-se a nível mundial em todo o tipo de climas, apresentando uma ampla distribuição em Portugal.

Actualmente, grande parte dos sistemas dunares encontram-se sujeitos a uma acentuada degradação, quer pela pressão resultante do crescimento dos centros populacionais no litoral e extracção das suas areias para a construção civil, quer pela dinâmica da subida do nível do mar, ao mesmo tempo que a largura das praias diminui e as dunas migram para o interior. O diagnóstico do estado de conservação e vulnerabilidade dos sistemas dunares é essencial para a definição de estratégias de gestão e monitorização.

A presente dissertação tem por objectivo avaliar a vulnerabilidade dos sistemas dunares da Praia do Meco, situada na costa ocidental portuguesa, no sudoeste da Península de Setúbal. Como tal, estudaram-se indicadores de conservação/perturbação do sistema, nomeadamente, a dimensão do cordão dunar, a cobertura vegetal total, a riqueza de espécies naturais ou sinantrópicas e a riqueza e cobertura das espécies pertencentes a 3 grupos funcionais descritos por García-Mora *et al.* (1999), e aplicou-se o método da lista de controlo (*checklist*), proposto por Laranjeira (1997), aos sistemas dunares em estudo.

Os resultados obtidos evidenciam a extensa rede de caminhos sobre o sistema dunar ocasionada pelo pisoteio pedonal e motorizado como a principal fonte de degradação do sistema dunar da Praia do Meco e o método da lista de controlo permitiu verificar que o que mais contribui para a vulnerabilidade do sistema dunar em estudo é a ineficácia do ordenamento e gestão e a degradação do sistema associada à sua utilização.

Palavras-chave: Dunas, Impacte humano, Resiliência, Vegetação dunar costeira, Vulnerabilidade, Zona costeira

## Abstract

The coastal sand dunes, very dynamic, complex and fragile ecosystems, are characterized for their direct dependence on the sea, forming unique ecosystems transition area between the continental and marine domain. Constitute ecosystems of high conservation value, especially with regard to vegetation, boasting a floral richness with unique characteristics. Provide valuable services, such as the protection of the interior, forming physical barriers very resistant to the action of winds and waves. They are distributed worldwide in all types of climates, with a wide distribution in Portugal.

Currently, much of the dune systems are subject to a sharp deterioration either by the pressure resulting from the growth of population centers along the coast and its sand extraction for construction, either by the dynamics of rising sea level, while which decreases the width of the beaches and dunes migrate inland. The diagnosis of the condition and vulnerability of dune systems is essential for the design of management strategies and monitoring.

This dissertation aims to assess the vulnerability of dune systems of Meco Beach, located on the west coast of Portugal, in southwestern peninsula of Setúbal. As such, we studied indicators of conservation/disturbance of the system, particularly the size of the dune system, the total vegetation cover, species richness of natural and synanthropic and species richness and coverage of species belonging to three functional groups described by García-Mora *et al.* (1999), and applied the method of the Checklist, proposed by Laranjeira (1997), to the dune systems in the study.

The results show the extensive network of paths on the dune system caused by motorized and pedestrian traffic as the main source of degradation of the dune system of Meco Beach and the method of the checklist has shown that the major contributor to the system's vulnerability dunes in the study is the ineffectiveness of the planning and management, and system degradation associated with their use.

Keywords: Dunes, Human impact, Resilience, coastal dune vegetation, vulnerability, coastline

## Acrónimos

AML	Área Metropolitana de Lisboa
CMS	Câmara Municipal de Sesimbra
DPM	Domínio Público Marítimo
EEA	Agência Europeia do Ambiente, do inglês <i>European Environmental Agency</i>
ENGIZC	Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
GPS	Sistema de Posicionamento Global, do inglês <i>Global Positioning System</i>
ICNB	Instituto da Conservação da Natureza e Biodiversidade
IPCC	Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas, do inglês <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
INAG	Instituto da Água
INE	Instituto Nacional de Estatística
GEE	Gases com Efeito de Estufa
MAOTDR	Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território
POOC	Plano de Ordenamento da Orla Costeira Sintra-Sado
PSRN2000	Plano Sectorial da Rede Natura 2000
QREN	Quadro de Referência Estratégico Nacional
REN	Reserva Ecológica Nacional
SIG	Sistema de Informação Geográfica



# Índice de Matérias

	página
Agradecimentos	iii
Resumo	v
<i>Abstract</i>	vi
Acrónimos	vii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xv
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS DO ESTUDO</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. Relevância do Estudo</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3. Objectivos do Estudo</b> .....	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO 2 – ENQUADRAMENTO TEÓRICO</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1. Tipos Morfológicos de Dunas</b> .....	<b>7</b>
2.1.1. Dunas Barcanas ( <i>Barchan dunes</i> ).....	8
2.1.2. Dunas parabólicas ( <i>Parabolic dunes</i> ).....	8
2.1.3. Dunas Frontais ( <i>Foredunes</i> ).....	9
2.1.4. <i>Blowouts</i> .....	9
2.1.5. Dunas em Domos ( <i>Dome dunes</i> ).....	10
2.1.6. Dunas lineares ( <i>Linear dunes</i> ).....	10
2.1.7. Dunas Transversais ( <i>Transverse dunes</i> ) .....	11
2.1.8. Dunas Sombra ( <i>Nebkhas</i> ).....	11
<b>2.2. Morfologia e Estrutura dos Sistemas Dunares</b> .....	<b>11</b>
2.2.1. Zona do Limite Superior da Maré.....	14
2.2.2. Duna Embrionária.....	14
2.2.3. Duna Primária.....	15
2.2.4. Espaço Interdunar.....	15

2.2.5. Duna Secundária.....	16
2.2.6. Duna Terciária.....	16
<b>2.3. Tipos de Vegetação e as Suas Adaptações Ecológicas.....</b>	<b>17</b>
2.3.1. Vegetação da Zona do Limite Superior da Maré.....	22
2.3.2. Vegetação da Duna Embrionária.....	23
2.3.3. Vegetação da Duna Primária.....	23
2.3.4. Vegetação da Duna Secundária.....	24
2.3.5. Vegetação da Duna Terciária.....	24
<b>2.4. Usos e Impactes.....</b>	<b>25</b>
2.4.1. Pressão Antrópica.....	26
2.4.2. Redução do Fornecimento de Areias.....	28
2.4.3. Construção de Obras de Engenharia Costeira.....	28
2.4.4. Subida do Nível Médio das Águas do Mar.....	29
<b>CAPÍTULO 3 – MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1. Caracterização da Área de Estudo.....</b>	<b>31</b>
<b>3.2. Metodologia.....</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO 4 – RESULTADOS.....</b>	<b>49</b>
<b>CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>65</b>
<b>CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO .....</b>	<b>71</b>
<b>CAPÍTULO 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO II.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO III.....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXO IV.....</b>	<b>105</b>

## Índice de Figuras

Figura 2.1 - Tipos morfológicos de dunas parabólicas: a) grampo; b) lobular; c) hemicíclica; d) digitada; e) nidiformes; f) cadeias transgressivas com dunas transversais secundárias; g) dunas em forma de “ancinho” (Adaptado de Pye & Tsoar, 2009).....	9
Figura 2.2 - Principais morfologias de <i>blowouts</i> : a) <i>blowout</i> tipo pires; b) <i>blowout</i> tipo calha, exibindo paredes erosionais mais íngremes e bacia de deflação mais profunda em relação ao <i>blowout</i> tipo pires. As setas indicam o padrão de fluxo do vento (Adaptado de Hesp, 2002a).....	10
Figura 2.3 - Início da criação de uma zona abrigada do vento a sotavento de um pequeno obstáculo, com deposição de areia transportada (Adaptado de Carter, 1988).....	12
Figura 2.4 – Estrutura de um sistema dunar litoral (Adaptado de Ley <i>et al.</i> , 2007).....	14
Figura 2.5 - Processo de formação de depressões interdunares (Bird, 2001).....	16
Figura 2.6- Gradientes abióticos nos sistemas dunares (Adaptado de Carter, 1988; Brown & McLachlan, 1994 <i>in</i> Ley <i>et al.</i> , 2007).....	22
Figura 2.7 - Efeitos destruidores da edificação sobre o sistema dunar (Adaptado de Paskoff, 1985).....	26
Figura 2.8 - Ganhos (rosa) e perdas (vermelho) de sedimentos de uma praia (Adaptado de Hanson e Lindh, 1993).....	28
Figura 2.9 - Deriva litoral após a construção de um esporão (Adaptado de Carter, 1988).....	29
Figura 3.1 - Caracterização geomorfológica da zona costeira portuguesa (Adaptado de Ferreira <i>et al.</i> , 2001 <i>in</i> MAOTDR e INAG, 2006).....	32
Figura 3.2 - Enquadramento geográfico da Praia do Meco (Adaptado de CMS, 2010).....	33
Figura 3.3 - Área de Estudo: Sistema dunar da Praia do Meco.....	35
Figura 3.4 - Altimetria da área de estudo.....	36
Figura 3.5 – Forma que se assemelha a uma duna parabólica no sistema dunar da praia do Meco (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).....	37
Figura 3.6 - Caminho de acesso à praia potencializando a formação de um <i>blowout</i> (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).....	37

Figura 3.7 - Parques de estacionamento em terrenos privados vedados de acesso à estrada principal (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).....	38
Figura 3.8 - Parque de estacionamento no topo do sistema dunar da Praia do Meco, descoberto de qualquer tipo de vegetação (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).....	39
Figura 3.9 - Deposição de entulho constituído por pedras de natureza calcária sobre o sistema dunar da Praia do Meco (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).....	39
Figura 3.10 - Ruínas de uma construção antiga e casa no topo do sistema dunar da Praia do Meco (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).....	40
Figura 3.11 - Caminhos abertos sobre o sistema dunar da Praia do Meco (Fotografias: Cátia Sousa, 2010).....	41
Figura 3.12 - Estruturas de apoio sobre o sistema dunar da Praia do Meco: a) restaurantes e sanitários; b) passadiço de madeira (Fotografias: Cátia Sousa, 2010).....	41
Figura 3.13 - Factores de degradação do sistema dunar da área de estudo: a) Tractor de limpeza da areia; b) Marca de pneu sobre a duna embrionária; c) Jipe sobre o sistema dunar; d) Campismo selvagem (Fotografias: Cátia Sousa, 2010).....	42
Figura 3.14 - Empreitada de construção do emissário final da ETAR de Lagoa/Meco sobre a duna embrionária do sistema dunar da Praia do Meco (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).....	43
Figura 3.15 - Esquema metodológico.....	44
Figura 3.16 – Exemplo da realização de um transecto: a) Colocação da régua perpendicularmente ao transecto; b) Posicionamento do transecto perpendicularmente à linha de costa (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).....	44
Figura 3.17 – Transectos efectuados na área de estudo.....	45
Figura 4.1 - Dimensão dos transectos efectuados na área de estudo.....	51
Figura 4.2 - Cobertura vegetal total para cada transecto efectuado na área de estudo.....	51
Figura 4.3 - Razão entre a percentagem de cobertura vegetal total e percentagem de cobertura de areia para cada transecto efectuado na área de estudo.....	52
Figura 4.4 - Efeito provocado pelo pisoteio num caminho aberto após a época balnear: a) Caminho antes da época balnear - Maio 2010; Caminho depois da época balnear - Setembro 2010 (Fotografias: Cátia Sousa, 2010).....	52

Figura 4.5 - Número total de espécies para cada transecto efectuado na área de estudo.....	53
Figura 4.6 - Número de espécies naturais e sinantrópicas para cada transecto efectuado na área de estudo.....	54
Figura 4.7 - Número de espécies dos tipos I, II e III para cada transecto efectuado na área de estudo.....	54
Figura 4.8 - Cobertura vegetal para os tipos I, II e III para cada transecto efectuado na área de estudo.....	55
Figura 4.9 - Cobertura de <i>Ammophila arenaria</i> e <i>Elymus farctus</i> para cada transecto efectuado na área de estudo.....	56
Figura 4.10 - Distribuição e abundância de <i>Ammophila arenaria</i> ao longo do sistema dunar da Praia do Meco.....	57
Figura 4.11 – Distribuição e abundância de <i>Elymus farctus</i> ao longo do sistema dunar da Praia do Meco.....	57
Figura 4.12 - Distribuição e abundância de <i>Carpobrotus edulis</i> ao longo do sistema dunar da Praia do Meco.....	57
Figura 4.13 - Distribuição e abundância de <i>Polycarpon tetraphyllum</i> ao longo do sistema dunar da Praia do Meco.....	57
Figura 4.14 - Distribuição e abundância de <i>Medicago marina</i> ao longo do sistema dunar da Praia do Meco.....	58
Figura 4.15 - Distribuição e abundância de <i>Crucianella maritima</i> ao longo do sistema dunar da Praia do Meco.....	58
Figura 4.16- Distribuição e abundância de <i>Sedum sediforme</i> ao longo do sistema dunar da Praia do Meco.....	59
Figura 4.17 - Distribuição e abundância de <i>Corynephorus canescens</i> ao longo do sistema dunar da Praia do Meco.....	59
Figura 4.18- Distribuição e abundância de <i>Crithmum maritimum</i> ao longo do sistema dunar da Praia do Meco.....	59
Figura 4.19- Distribuição e abundância de <i>Herniaria maritima</i> ao longo do sistema dunar da Praia do Meco.....	59

Figura 4.20 - Distribuição e abundância de <i>Thymus carnosus</i> ao longo do sistema dunar da Praia do Meco.....	60
Figura 4.21 - Distribuição e abundância de <i>Helichrysum italicum</i> ao longo do sistema dunar da Praia do Meco.....	60
Figura 4.22 - Distribuição e abundância de <i>Corema album</i> ao longo do sistema dunar da Praia do Meco.....	61
Figura 4.23 - Distribuição e abundância de <i>Artemisia crithmifolia</i> ao longo do sistema dunar da Praia do Meco.....	61
Figura 4.24 - Resultados obtidos na lista de controlo aplicada ao sistema dunar da Praia do Meco.....	62

## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 – Factores ambientais e adaptações da vegetação dunar (Costa, 2001; Ley <i>et al.</i> , 2007; Macedo, 2008; Hesp, 1991; Ciccarelli <i>et al.</i> , 2009; Neto, 1999; Namboothri <i>et al.</i> , 2008).....	18
Tabela 2.2 – Principais características e espécies dos diferentes tipos de grupos funcionais de plantas dos sistemas dunares (Adaptado de García-Mora <i>et al.</i> , 1999).....	21
Tabela 3.1 – Níveis de vulnerabilidade dunar definidos na lista de controlo (Pereira <i>et al.</i> , 2000 <i>in</i> Ferreira e Laranjeira, 2000).....	46
Tabela 3.2 – Variáveis de cada descritor da vulnerabilidade dos sistemas dunares litorais (Adaptado de Laranjeira, 1997).....	47
Tabela 4.1 – Lista e caracterização das espécies amostradas.....	49
Tabela 4.2 – Valores do coeficiente de correlação de Pearson para os vários parâmetros estudados: Dimensão do Transecto, CVT (Cobertura Vegetal Total), S total (nº de espécies por transecto), S nat (nº de espécies naturais), S sin (nº de espécies sinantrópicas), s Tipo I (nº de espécies do Tipo I), s Tipo II (nº de espécies do Tipo II), s Tipo III (nº de espécies do Tipo III), Cob. Tipo I (cobertura de espécies de Tipo I), Cob. Tipo II (cobertura de espécies de Tipo II), Cob. Tipo III (cobertura de espécies de Tipo III).....	61



## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS DO ESTUDO

### 1.1. Introdução

Os sistemas dunares costeiros são ecossistemas terrestres únicos, situados na transição entre ambientes continentais e marinhos, e constituem barreiras físicas naturais muito resistentes às investidas do mar durante as marés vivas e as tempestades. Estes ecossistemas são sistemas extremamente dinâmicos, complexos e sensíveis, que sofrem alterações ao longo do tempo, de acordo com as pressões (quer de origem natural, quer de origem antrópica) a que se encontram sujeitos, com destaque para a subida do nível médio das águas do mar, o aumento da frequência de tempestades violentas e as obras de protecção costeira (EEA, 2006; Macedo, 2008). Distribuindo-se a nível mundial por todo o tipo de climas e apresentando uma ampla distribuição em Portugal, estes ecossistemas possuem uma riqueza florística e faunística com características únicas. Além disso, os sistemas dunares costeiros constituem o suporte de várias actividades económicas e de lazer (EEA, 2006).

Num passado não muito distante, as dunas costeiras eram vistas como *“um espaço de desterro, de isolamento, de maldição que, para além de não servirem para quase nada, pareciam servir, tão só, para soterrar os terrenos que, a tanto custo, tinham sido postos a produzir alimento”* (Almeida, 1998, p.43). Havendo a necessidade imperiosa de *“travar”* este avanço maciço da areia, a solução encontrada foi a florestação intensiva da área dunar (Pinto, 1938 *in* Noivo e Bernardes, 1998; Kith e Tassara, 1946 *in* Gallego-Fernández *et al.*, 2003; Mira Botella, 1989 *in* Gallego-Fernández *et al.*, 2003), principalmente com pinheiro-bravo, em diversos locais das zonas costeiras.

No século XX, na década de 60, mas com mais incidência a partir da década de 70, a praia ganhou popularidade, entre a maioria das pessoas, como ocupação dos tempos de férias e lazer, conduzindo

a uma ocupação cada vez maior dos espaços adjacentes ao mar. No entanto, nessa altura não houve a preocupação de proteger os sistemas dunares. Faltaram actividades de sensibilização à população, fiscalização e acessos disciplinados às praias. Com o incremento da utilização turística do litoral ocorreu um importante pisoteio do seu coberto vegetal, provocando a alteração e movimentação dos sistemas dunares. Estes passam também a ser procurados e utilizados das mais diversas formas, acentuando-se a sua exploração em aumento galopante como recurso mineral para a construção civil e a ocupação antrópica (Carter, 1988; Laranjeira, 1997; André e Cordeiro, 1998; Almeida, 1998; Cunha, 1998), acarretando muitas vezes consequências irreversíveis.

Deste modo, os sistemas dunares foram substituídos por desordenadas frentes urbanas. Construíram-se imóveis, abriram-se novos acessos e a zona costeira acarretou com toda a poluição associada à sobreocupação humana sazonal. No entanto, uma vez destruídas as dunas (total ou parcialmente), verificou-se que as áreas adjacentes à praia e zonas interiores deixavam de estar protegidas da acção destruidora do mar, conduzindo a inúmeras situações de risco, o que levou à proliferação de obras de engenharia costeira para protecção do interior (esporões, muros de protecção), artificializando-se sucessivamente a linha de costa (Laranjeira, 1997). Com esta acentuada ocupação do litoral, acrescida da diminuição drástica dos sedimentos continentais fornecidos ao mar devido à construção de barragens e ainda da subida do nível médio das águas do mar, provocou-se a perturbação e a entrada em desequilíbrio deste sistema de interface, demonstrando a sua fragilidade e a necessidade de melhor se conhecer a sua dinâmica (Laranjeira, 1997; Almeida, 1998).

Segundo Almeida (1998), no início da década de 50, do século XX, com prolongamento pela década de 60, foram publicados trabalhos pioneiros sobre as areias dos sistemas dunares em Portugal, com base na utilização de técnicas de análise granulométrica dos sedimentos. A partir do início da década de 80 surgem, a um ritmo ascendente, trabalhos publicados sobre os sistemas dunares costeiros. O litoral torna-se uma das áreas privilegiadas de pesquisa por parte de investigadores com diferentes formações, sensibilidades e objectivos.

Os sistemas dunares costeiros representam um capital natural de elevado valor. Além disso, prestam à sociedade diversos serviços como a defesa face à erosão marinha e a episódios catastróficos (furacões, tempestades, *tsunamis*), ao dissipar a energia das ondas e do vento, protegendo assim interesses humanos contra a invasão da água do mar (Ley *et al.*, 2007). Outros serviços prestados por estes sistemas consistem na sua capacidade para armazenar e depurar as águas contaminadas e a sua aptidão de servir de depósito de areias para a regeneração natural de praias e fundos arenosos produtivos.

Fruto das preocupações sobre as diferentes pressões a que zona costeira estava sujeita foi considerado necessário criar legislação para proteger as zonas costeiras, nas quais os sistemas dunares se incluem. Assim, salientam-se aqueles considerados basilares no Planeamento, Ordenamento e Gestão da Zona Costeira Portuguesa: a) o Domínio Público Marítimo (DPM), que submete a um regime especial de propriedade pública do Estado os terrenos situados na margem de 50 m a contar da linha máxima de preia-mar; b) o Decreto-Lei nº 166/2008, de 22 de Agosto, que estabelece o regime jurídico da Reserva Ecológica Nacional (REN), com implicações directas na gestão das zonas costeiras, pois integra no seu domínio as áreas de praias, dunas litorais e arribas; c) a Lei de Bases do Ambiente (Lei nº 13/2002 de 19 de Fevereiro), sugerindo uma gestão costeira que evidencie a vertente ambiental dos seus recursos e; d) os Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) (Decreto-Lei nº 113/97 de 10 de Maio) que estabelecem condicionamentos, vocações e usos dominantes para a orla costeira. Aos POOC seguem-se um conjunto de outros diplomas complementares que evidenciam uma crescente preocupação com o planeamento integrado das zonas costeiras, processo que veio a culminar com a elaboração do documento Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira (ENGIZC) (Resolução do Conselho de Ministros nº 82/2009 de 8 de Setembro).

Como a nossa capacidade de prever e planear a longo prazo é limitada e falível, dado o mundo de interdependências de extrema complexidade em que vivemos, o nosso esforço deve orientar-se no sentido de compreender e assegurar a capacidade de resiliência dos sistemas biofísicos, isto é, *“a capacidade de um sistema para, em situações de tensão, induzida por factores internos e externos (naturais ou antrópicos), despoletar a acção dos seus mecanismos homeostáticos de modo a se auto-regular ou auto-regenerar e ser conduzido a um novo estado de equilíbrio, permitindo que, desta maneira, o sistema se adapte ou absorva os efeitos daquela situação de stress, sem experimentar uma degradação irreversível”* (Laranjeira, 1997, p.2).

A vulnerabilidade de um sistema pode ser definida como o resultado da combinação da exposição desse sistema a perturbações e à resiliência do próprio sistema (Villa e McLeod, 2002). Nesse sentido, uma maior vulnerabilidade implica que o sistema pode sofrer alterações de forma tão intensiva e extensiva que será difícil retornar à sua dinâmica original, isto é, por outras palavras, um sistema é tanto mais vulnerável quanto menor a sua resiliência (Williams *et al.*, 2001; Martínez *et al.*, 2006). Além disso, pode-se assumir que quanto maior a intensidade e frequência das perturbações, maior será a vulnerabilidade do sistema (Villa e McLeod, 2002). Caso a sua capacidade de resiliência seja ultrapassada pode-se dizer que estamos perante uma degradação irreversível do sistema, ou seja, o sistema perde a capacidade de se auto-regular naturalmente.

Os sistemas dunares, muitas vezes rotulados como “frágeis”, “sensíveis” ou “vulneráveis”, apresentam uma grande propensão para sofrerem alterações perante o mais pequeno factor de *stress* ambiental (Carter, 1988), principalmente devido à acção humana. A manutenção da capacidade de resiliência é particularmente importante no que respeita a estes sistemas, uma vez que apesar de serem intrinsecamente dinâmicos sob a acção do mar e do vento, são pouco resilientes no que toca às actividades antropogénicas (Laranjeira, 1997).

Os métodos utilizados para determinar a vulnerabilidade dos sistemas dunares baseiam-se num amplo conjunto de variáveis qualitativas e quantitativas, nomeadamente, a geomorfologia, a capacidade de tampão de praias e dunas, o grau de intervenção humana, a fragmentação resultante das actividades antropogénicas e a diversidade e estado de conservação das espécies da vegetação dunar.

## **1.2. Relevância do Estudo**

A maior parte dos sistemas dunares litorais encontram-se, actualmente, degradados ou foram completamente destruídos devido à pressão humana, como consequência do contínuo crescimento da população nas áreas litorais verificado nas últimas décadas. Com efeito, mais de 75% da população portuguesa concentra-se na zona costeira (INE, 2001), sendo a única excepção a região do Alentejo, na qual os contrastes litoral-interior não são tão acentuados como no resto do país. Como resultado desta concentração da população no litoral, a perturbação provocada pelas actividades antropogénicas – indústria, serviços, construção, uso recreativo – é também ela muito concentrada, colocando o equilíbrio dos ecossistemas dunares em causa. Para agravar a situação, estes ecossistemas encontram-se cada vez mais afectados por fenómenos relacionados com as alterações climáticas. Neste contexto, é de extrema importância a obtenção de ferramentas ou indicadores que permitam diagnosticar o estado de conservação e vulnerabilidade dos sistemas dunares de forma a auxiliar nos processos de decisão e gestão destes habitats.

Para uma gestão efectiva dos sistemas dunares é necessário possuir conhecimentos adequados sobre os processos que ocorrem nestes sistemas, bem como dos efeitos que as acções humanas têm sobre a sua morfologia e estabilidade (Ley *et al.*, 2007), uma vez que a actividade antrópica vai influenciar em grande medida a evolução destas formações litorais.

O estudo da vegetação dunar pode fornecer informações válidas acerca do estado de conservação/perturbação dos sistemas dunares, constituindo um método eficaz de os monitorizar,

uma vez que são sistemas fitogenéticos, ou seja, as plantas participam activamente na sua morfogénese. Deste modo, o estudo de indicadores como a dimensão do cordão dunar, a cobertura vegetal total, a riqueza de espécies naturais ou sinantrópicas e a riqueza e cobertura das espécies pertencentes a 3 grupos funcionais descritos por García-Mora *et al.* (1999) permitem identificar fontes de perturbação, intensidade e frequência dos mesmos e a maneira de minimizar ou evitar os efeitos desses impactes.

A lista de controlo (*checklist*), proposta por Laranjeira (1997), revela ser também um método eficiente na determinação da vulnerabilidade de sistemas dunares na medida em que permite (1) determinar o grau de pressão que cada uso exerce sobre o sistema frontal dunar, relacionando-o com o limiar de resiliência e, para além disso, (2) possibilita a identificação das componentes do sistema mais vulneráveis e indica os ajustamentos necessários, ao nível das medidas de ordenamento e gestão dunar, tendo em vista prevenir ou minimizar os efeitos da pressão. No entanto, não revela ser um método eficaz quando se pretende realizar um estudo aprofundado.

### **1.3. Objectivos do Estudo**

A presente dissertação tem por objectivo geral avaliar a vulnerabilidade dos sistemas dunares da praia do Meco, situada na costa ocidental portuguesa, no sudoeste da Península de Setúbal. Como tal, tem-se por objectivos específicos:

- Realizar um estudo da vegetação (recorrendo ao estudo de indicadores de conservação/perturbação de sistemas dunares);
- Analisar a distribuição e abundância das espécies vegetais na área de estudo;
- Caracterizar a zona costeira em estudo;
- Contribuir para a definição de estratégias de gestão e monitorização do sistema dunar da praia do Meco.



## CAPÍTULO 2 – ENQUADRAMENTO TEÓRICO

### 2.1. Tipos Morfológicos de Dunas

Ao longo dos anos, diversos estudos têm sido desenvolvidos com o intuito de classificar os vários tipos morfológicos de dunas existentes, baseando-se na combinação de forma, número e orientação da face de deslizamento da duna em relação ao vento predominante. Algumas classificações como a de Pye e Tsoar (2009) propõem uma classificação dos tipos morfológicos de dunas baseada na presença ou não de obstáculos e na natureza do terreno.

Segundo McKee (2004), que apresenta uma classificação baseada tanto no aspecto morfológico como dinâmico, as dunas agrupam-se em dois tipos: activas e inactivas. Os sistemas dunares activos constituem sistemas em que o movimento dinâmico da areia e as mudanças morfológicas são característicos e determinados directamente pela acção do vento, correspondendo a um conjunto bastante variado de formas, entre as quais se destacam as dunas barcanas, em domos, *foredunes*, parabólicas, transversais, lineares e *blowouts*. Os sistemas dunares inactivos (geralmente posicionados à retaguarda das dunas móveis) constituem depósitos eólicos fixos pela vegetação nativa ou plantada pelo ser humano, acabando por perder a sua mobilidade original, e cuja evolução geomorfológica já não depende directamente da acção do vento.

Hunter *et al.* (1983) propõem uma classificação dos tipos morfológicos de dunas baseada na orientação da crista em relação ao vector resultante da direcção do transporte, podendo ser as dunas classificadas em longitudinais, transversais ou oblíquas. Segundo Kocurek (1996) devem ser tomadas em consideração ambas as classificações propostas por McKee (2004) e Hunter *et al.* (1983).

A tipologia dunar é muito variada tanto no que diz respeito à morfologia como à dimensão das dunas. A forma e tamanho das dunas dependem, em primeira instância, do vento, único agente dinâmico responsável pelo transporte e deposição da areia. No entanto, também existem outros factores que influenciam o tipo de dunas que se formam num determinado local e momento, tais como a humidade do solo (posição do nível freático) e do ar, a vegetação, as ondas (principalmente durante as tempestades), a disponibilidade, tipo e granulometria das partículas de areia, as correntes costeiras e história geológica. Contudo, existe ainda um outro factor que altera a estabilidade dos sistemas dunares, contribuindo também para a sua morfologia: a forte pressão exercida sobre o litoral pelas actividades antropogénicas (Flor, 1990; Pye e Tsoar, 2009).

#### **2.1.1. Dunas Barcanas (*Barchan dunes*)**

As dunas barcanas correspondem a dunas isoladas com o flanco a barlavento convexo, alongado e de declive suave e o flanco a sotavento côncavo e de declive abrupto. A forma destas dunas em planta é semelhante a uma meia-lua com as suas paredes laterais voltadas na direcção do vento. Surgem principalmente em áreas sem vegetação, cujo abastecimento em areia é relativamente diminuto e onde a actuação do vento é praticamente unidireccional (Branco *et al.*, 2003; Araújo, 2006).

#### **2.1.2. Dunas parabólicas (*Parabolic dunes*)**

As dunas parabólicas consistem em acumulações arenosas com formato de “U” ou “V” em planta, cujas paredes laterais se encontram voltadas na direcção oposta à do vento predominante (Figura 2.1). Ocorrem em zonas onde os ventos são muito fortes e, geralmente, originam-se a partir de *blowouts*, em virtude da destruição da cobertura vegetal (Araújo, 2006; Namboothri *et al.*, 2008).

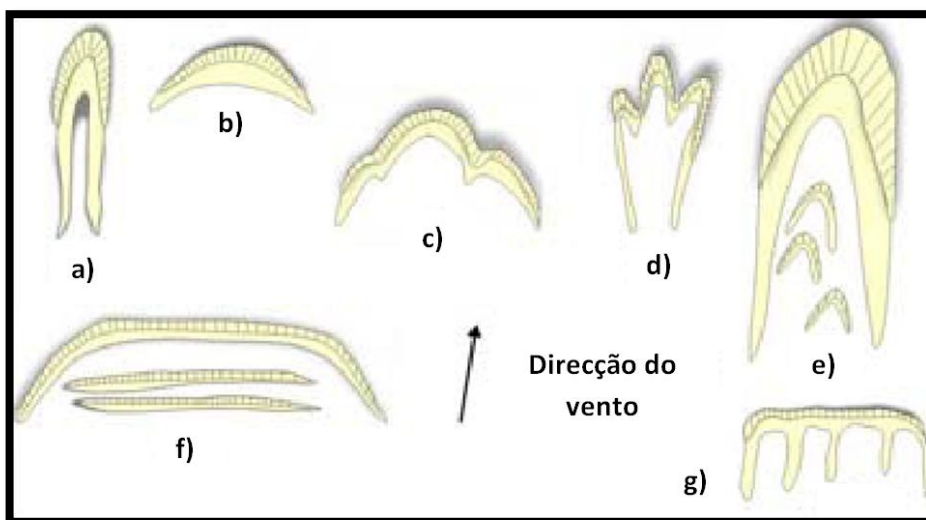


Figura 2.1 - Tipos morfológicos de dunas parabólicas: a) grampo; b) lobular; c) hemicíclica; d) digitada; e) nidiformes; f) cadeias transgressivas com dunas transversais secundárias; g) dunas em forma de “ancinho” (Adaptado de Pye e Tsoar, 2009).

### 2.1.3. Dunas Frontais (*Foredunes*)

As dunas frontais consistem no conjunto de dunas paralelas à linha de costa, as quais se formam a partir de tufo de vegetação na região da praia alta. Constituem o tipo de dunas mais comum nas costas litorais. Existem diversos tipos morfológicos, mas geralmente são considerados dois tipos principais: dunas frontais incipientes e dunas frontais estabilizadas (Hesp, 2002a; Namboothri *et al.*, 2008).

### 2.1.4. *Blowouts*

Os *blowouts* apresentam uma forma arredondada em meia-lua, constituindo uma reentrância ou concavidade formada a partir da erosão eólica sobre um depósito de areia pré-existente, em regra, sobre a duna frontal. Estes podem estar na origem da formação de dunas parabólicas, conduzindo ao avanço das areias para o interior (Laranjeira, 1997; Hesp, 2002a). Constituem verdadeiros “corredores de erosão” (Branco *et al.*, 2003), funcionando como uma área preferencial por onde pode ocorrer uma invasão pelo mar (galgamento oceânico). Existem diversos tipos morfológicos de *blowouts*, os quais podem assumir diversas formas (Ritchie, 1972) (Figura 2.2). Os *blowouts* podem originar-se devido a erosão marinha ou galgamentos, alterações climáticas, ventos fortes, destruição

da vegetação, ou actividades antropogénicas como o pisoteio, a abertura de caminhos de acesso à praia, a construção de vedações ou a construção edificada junto à frente dunar (Hesp, 2002a).

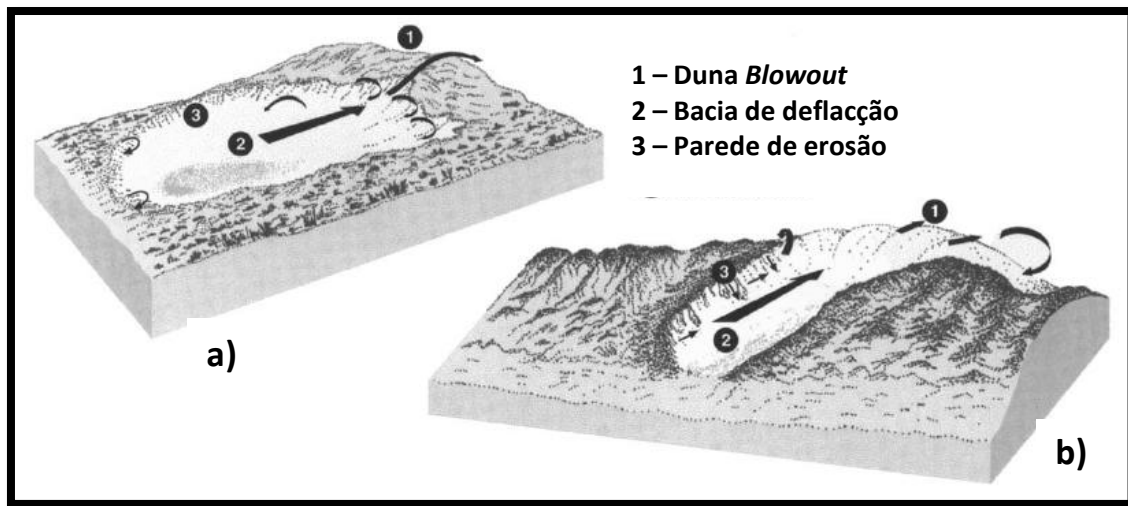


Figura 2.2 - Principais morfologias de *blowouts*: a) *blowout* tipo pires; b) *blowout* tipo calha, exibindo paredes erosionais mais íngremes e bacia de deflactão mais profunda em relação ao *blowout* tipo pires. As setas indicam o padrão de fluxo do vento (Adaptado de Hesp, 2002a).

#### 2.1.5. Dunas em Domos (*Dome dunes*)

As dunas em domos não apresentam face de avalanche, sendo semicirculares ou elípticas em planta. Caracterizam-se por acumulações de areia de pequeno porte, que migram sobre as superfícies das dunas de maiores dimensões. A ausência da face de avalanche é atribuída a ventos fortes e unidireccionais que impedem o crescimento vertical da duna (Branco *et al.*, 2003; McKee e Bigarella, 1979 in Araújo, 2006).

#### 2.1.6. Dunas lineares (*Linear dunes*)

As dunas lineares (ou longitudinais) são caracterizadas por cristas alongadas e rectilíneas, alinhadas paralelamente com a direcção dominante do vento (Branco *et al.*, 2003). Podem ser classificadas em dois tipos: dunas com vegetação e dunas sem vegetação (Tsoar, 1989). Diversos autores advogam que muitas dunas lineares são desenvolvidas a partir de outros tipos de dunas em consequência, principalmente, de mudanças no regime de vento ou do suprimento de areia (Branco *et al.*, 2003).

### **2.1.7. Dunas Transversais (*Transverse dunes*)**

As dunas transversais são representadas por corpos arenosos de cristas rectas ou ligeiramente curvas, alinhadas perpendicularmente à direcção dominante do vento. Apresentam uma forma simples decorrente de um regime de vento unidireccional, possuindo uma única face de deslizamento, a qual é direccionada para sotavento (Branco *et al.*, 2003).

### **2.1.8. Dunas Sombra (*Nebkas*)**

As *Nebkas* constituem acumulações de areia que ocorrem de forma isolada, na praia alta, a sotavento de um obstáculo que tanto pode ser uma pedra como um tufo de vegetação (Hesp, 2002a). Ao abrigo destes montículos vão surgir pequenos povoamentos de espécies como *Crucianella maritima* e *Ammophila arenaria*. Caso ocorram condições que permitam o aumento da densidade vegetal estas acumulações sedimentares desenvolvem-se em altura, e eventualmente acabam por se unir.

## **2.2. Morfologia e Estrutura dos Sistemas Dunares**

Os sistemas dunares costeiros constituem um elemento dinâmico da paisagem, caracterizando-se pela sua dependência directa do mar e do vento. O mar fornece o material para a formação das dunas e o vento constitui o motor de toda a dinâmica do sistema. Segundo Duchaufour (1975) (citado por Silva, 2006), estes ecossistemas singulares caracterizam-se por possuírem solos não evoluídos e com perfil pouco diferenciado, de textura arenosa e com ou sem horizonte de húmus diferenciado.

Surgindo por todo o mundo, estes sistemas encontram-se distribuídos numa ampla variedade de regimes climáticos, sendo a principal característica dos sistemas dunares costeiros a similaridade que partilham ao longo de todas as zonas costeiras do mundo: encontram-se regularmente sujeitos aos mesmos tipos de *stress* ambiental, tais como instabilidade do substrato, elevadas temperaturas,

secura do solo, salinidade, ventos fortes e carência de nutrientes (Hesp, 1991; García-Mora *et al.*, 1999; Costa, 2001; Gallego-Fernández *et al.*, 2003).

A velocidade (capacidade de transporte) e orientação do vento em relação à praia são importantes factores na evolução dos sistemas dunares, na medida em que contribuem para a sua génese ao promoverem a interacção entre o material granular (areia) e a vegetação. A areia depositada pelas ondas na berma da praia, depois de seca, é transportada para o interior pelo vento. A presença de obstáculos, mesmo que pequenos (e.g. restos orgânicos, conchas, vegetação), leva à diminuição da velocidade do vento, devido à produção de um maior atrito. Os obstáculos permitem a criação de condições de deposição a barlavento e de protecção a sotavento, permitindo assim que as partículas arenosas transportadas pelo vento comecem a acumular-se (Figura 2.3) (Carter, 1988; Ley *et al.*, 2007; Namboothri *et al.*, 2008). Desta forma, vão-se formando pequenos montículos de poucos centímetros de altura na base dos obstáculos. Com o tempo a quantidade de areia acumulada vai aumentando, pelo que a dimensão das dunas pode alcançar vários metros de altura (Ley *et al.*, 2007).

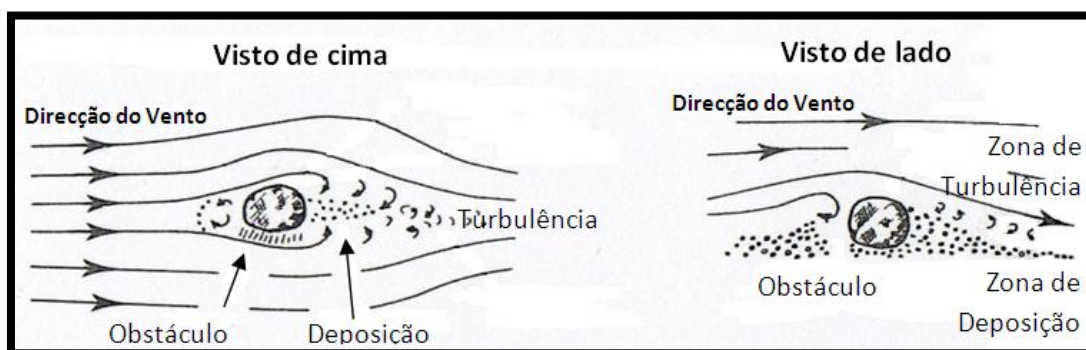


Figura 2.3 - Início da criação de uma zona abrigada do vento a sotavento de um pequeno obstáculo, com deposição de areia transportada (Adaptado de Carter, 1988).

As dunas são estruturas geológicas formadas por sedimentos de diferentes origens, com dimensões entre 0,2 e 2 mm, que vulgarmente são designados por areia (Couteiro, 1994). As formas de transporte das partículas arenosas são definidas pela velocidade do vento e tamanho dos grãos. Os grãos de areia de menores dimensões são passíveis de ser transportados por suspensão, os intermédios podem ser movimentados por saltação e os sedimentos maiores (geralmente, com dimensão superior a 2 mm) são movidos por reptação (Araújo, 2006), isto é, por arrastamento. Em reptação as partículas arenosas deslocam-se a distâncias muito curtas e são impelidas pelas partículas em saltação, ao chocarem contra a superfície.

A vegetação tem um papel extremamente importante na formação e estabilização do sistema dunar. De facto, se não há condições para a fixação das plantas, as dunas tornam-se móveis. A vegetação

dunar proporciona a acumulação de areia nas dunas, que servirá de *stock* para repor a areia erodida durante as tempestades, principalmente de Inverno.

Verifica-se uma variação sazonal do perfil da praia e ainda durante as intempéries devido à variação da energia das ondas e do nível das águas do mar. Quando ocorre uma tempestade, as partículas arenosas acumuladas nas dunas são transportadas e depositadas na ante-praia, alterando o perfil da areia submersa, que se eleva gradualmente. Este perfil é o fundo da acção da onda de tempestade e é esta superfície que absorve ou dissipa, através de fricção, uma enorme quantidade de energia destruidora das ondas que poderia, de outro modo, invadir o interior (Paskoff, 2001), causando estragos. Nas alturas de bom tempo, caso o sistema se encontre em equilíbrio, as partículas arenosas voltam a ser transportadas pelo vento e acumuladas nas dunas.

Segundo Ley *et al.* (2007), o balanço sedimentar de uma praia é fundamental do ponto de vista do desenvolvimento dos sistemas dunares costeiros, uma vez que determina se o sistema é regressivo, está em equilíbrio ou é transgressivo. No primeiro caso, o sistema dunar retrocede com uma erosão progressiva da duna primária durante os temporais e marés vivas, não recuperando a areia nos períodos de bom tempo. No segundo caso, a areia que desaparece durante os temporais e marés vivas é repostada nos períodos de bom tempo havendo, portanto, uma manutenção da quantidade de areia no sistema dunar. No caso de o sistema ser transgressivo ocorre um balanço sedimentar positivo, ou seja, verifica-se um fluxo contínuo de sedimentos que vai originar cordões paralelos de dunas à medida que uma nova duna se acrescenta do lado do mar, ou seja, caso haja espaço ocorre um avanço do sistema dunar para o interior.

Com base nos critérios de dinâmica geomorfológica, os ecossistemas dunares subdividem-se em várias zonas (Figura 2.4):

- Zona do limite superior da maré;
- Duna Embrionária;
- Duna Primária (duna branca);
- Espaço Interdunar;
- Duna Secundária (duna cinzenta);
- Duna Terciária (duna castanha).



Figura 2.4 – Estrutura de um sistema dunar litoral (Adaptado de Ley *et al.*, 2007).

### 2.2.1. Zona do Limite Superior da Maré

O processo de formação do sistema dunar inicia-se com a colonização por plantas anuais pioneiras na zona do limite superior da maré, como *Cakile maritima* e *Salsola kali*, que actuam como uma armadilha à passagem das areias transportadas pelo vento, acumulando-as (Martins e Freitas, 1998; Hesp, 2002a, 2002b). No entanto, estas plantas são anuais pelo que apenas acumulam a areia durante o seu período de crescimento activo. Após o seu desaparecimento as areias são novamente movimentadas pelo vento (Ley *et al.*, 2007).

### 2.2.2. Duna Embrionária

Mais para o interior há uma menor mobilidade do substrato e um maior abrigo no que diz respeito aos ventos e à salsugem, o que permite a colonização das areias por outras espécies, nomeadamente pela gramínea *Elymus farctus* que forma, por vezes, povoamentos quase puros. Os caules das plantas desta zona interceptam os grãos de areia, dando assim origem a pequenos montículos que vão crescendo à medida que as plantas se desenvolvem, constituindo o principal precursor do crescimento do depósito sedimentar eólico. Quando a densidade vegetal é elevada estes montículos acabam por se unir, dando origem à duna embrionária. Caso contrário, se a densidade vegetal for baixa, os montículos ficam isolados, originando *Nebkas* (Hesp, 2002a; Ley *et al.*, 2007).

A duna embrionária constitui a geoforma que se observa frequentemente entre a praia e o cordão dunar frontal, correspondendo a um pequeno desnível relativamente à faixa da praia-mar. Este tipo de duna só ocorre em praias onde o fornecimento de areia é constante, ou seja, no caso de sistemas transgressivos e constitui a primeira defesa activa da costa (Ley *et al.*, 2007).

A duna embrionária é a zona mais frágil do sistema dunar, uma vez que se encontra sob a influência constante do mar, quer através do efeito directo das ondas nas marés altas, quer da salsugem, quer do perigo de enterramento constante. Não se trata, portanto, de um local fácil de colonizar, o que se traduz no número reduzido de espécies vegetais que aí vive em permanência. Esta é também a zona do sistema dunar em que os efeitos das actividades humanas mais se fazem sentir.

### **2.2.3. Duna Primária**

A duna primária, também designada por duna viva instável, constitui uma etapa mais evoluída do sistema, com uma flora mais rica devido à menor hostilidade do meio. Tipicamente a planta que domina é *Ammophila arenaria* (estorno), um elemento essencial para a fixação da areia e a estabilização da duna. Devido à baixa cobertura vegetal (menos de 50%), alguns autores designam esta zona do sistema dunar como duna branca, devido aos espaços de areia não cobertos por vegetação e às cores glaucas dominantes nas plantas (Neto, 1999). Esta duna nunca é imersa pela água do mar, mas é atingida pelas gotas de água transportadas pelo vento em direcção ao interior.

### **2.2.4. Espaço Interdunar**

A seguir à duna primária segue-se uma zona depressionária, o espaço interdunar. Nesta zona, a toalha freática pode por vezes atingir a superfície, formando, por isso, charcos temporários, principalmente durante a época das chuvas – depressão interdunar (Noivo e Bernardes, 1998; Silva, 2006). O facto de esta zona se encontrar resguardada do vento devido à protecção conferida pelas dunas primárias, proporciona condições favoráveis à proliferação da vegetação que acaba por cobrir praticamente o solo (Ley *et al.*, 2007). O vento vindo do mar, ao soprar sobre a duna primária perde velocidade e desenvolve turbilhões de ar na zona imediatamente seguinte, ou seja, o vento ao tocar no solo gera um fenómeno de deflação que leva a acreção de areia nas paredes laterais entre as dunas primária e secundária (Hesp, 2002a) (Figura 2.5).

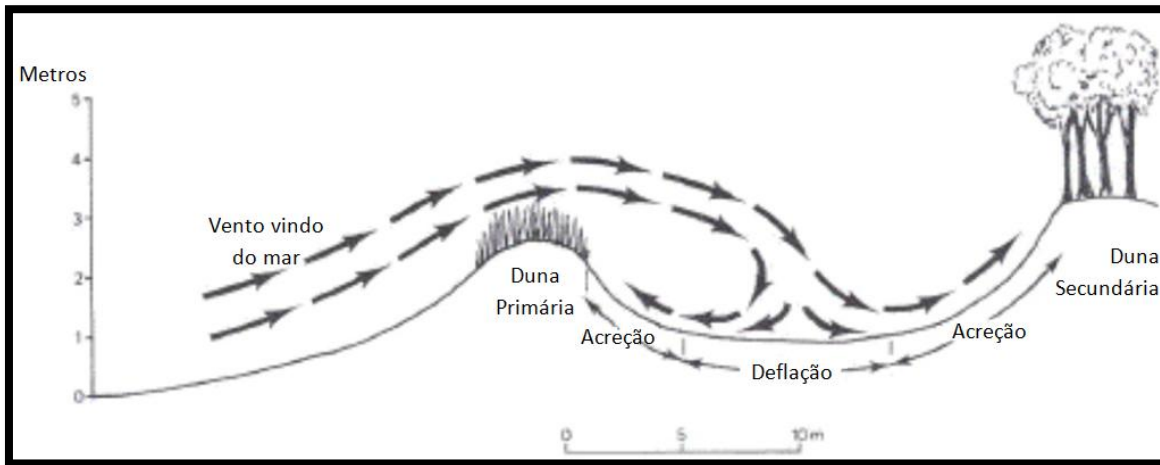


Figura 2.5 - Processo de formação de depressões interdunares (Bird, 2001).

### 2.2.5. Duna Secundária

Para lá do topo da duna primária, forma-se um ambiente mais seco e abrigado do vento, onde se desenvolvem comunidades vegetais bastante mais complexas. A duna secundária, também denominada por duna cinzenta ou penestabilizada, diferencia-se da duna primária pela estabilidade das suas partículas arenosas. Devido à cobertura vegetal, *“a areia movimenta-se apenas em pequenos corredores de deflação sem movimentação nas cristas”* (Moreira, 1984 in Neto, 1999, p.38). Estas dunas são constituídas por uma sucessão de cristas e corredores interdunares, com frequência por entre dunas parabólicas (Neto, 1999).

### 2.2.6. Duna Terciária

Comparada com as dunas primária e secundária anteriormente descritas, a duna terciária (também denominada por duna castanha ou estabilizada) individualiza-se claramente pelas características ecológicas morfodinâmicas e pedológicas (Neto, 1999): i) ausência de movimentação das partículas arenosas, ii) maior evolução pedogenética dos solos psamofílicos e iii) maior densidade e complexidade vertical das formações vegetais (presença de vários estratos de vegetação, de onde sobressai a frequente presença da árvore).

Nos locais onde a actividade antrópica destruiu a cobertura arbustiva densa e/ou arbórea típica das dunas terciárias, as partículas arenosas são remobilizadas pelo vento e o ecossistema evolui rapidamente para uma duna secundária (Neto, 1999).

### **2.3. Tipos de Vegetação e as Suas Adaptações Ecológicas**

Do ponto de vista da conservação os sistemas dunares costeiros são considerados como habitats naturais com um elevado valor conservacionista, especialmente no que diz respeito à vegetação, apresentando esta uma riqueza florística elevada e espécies com características únicas (Guedes, 2008). As dunas litorais portuguesas possuem uma notável riqueza florística no contexto europeu.

A vegetação litoral mediterrânica, em especial a vegetação dunar portuguesa, detém uma elevada importância visto ser muito antiga (Costa, 1984 *in* Silva, 2006). As glaciações do Quaternário, menos severas em Portugal do que noutros locais da Europa, permitiram a sobrevivência de um grande número de espécies do Cenozóico que se extinguiram no resto do continente europeu (Jansen, 2002).

A vegetação tem um papel essencial na morfogénese do sistema dunar uma vez que condiciona a retenção da areia e a consolidação das dunas (acumulando areia que servirá de *stock* para repor a areia erodida nas tempestades de Inverno) definindo, desta forma, a extensão do próprio sistema dunar, que está directamente relacionada com o seu estado de degradação e vulnerabilidade (Costa, 2001; Silva *et al.*, 2004). A interacção existente entre o vento e a vegetação constitui um processo chave para o desenvolvimento dunar. A presença de vegetação reduz o transporte sedimentar, na medida em que (1) introduz uma maior rugosidade à superfície, o que diminui a velocidade do vento, (2) a sua estrutura aérea intercepta os grãos de areia, enquanto actua como uma superfície que absorve uma grande quantidade de energia, favorecendo a sedimentação, (3) os grãos de areia começam a acumular-se, formando pequenos montículos que aumentam de tamanho à medida que a planta cresce e (4) quando a densidade vegetal é elevada estes montículos agregam-se, originando uma duna (Ley *et al.*, 2007). São as características morfológicas e fisiológicas da vegetação que determinam a eficácia destas plantas na captura e retenção das areias transportadas pelo vento (Williams *et al.*, 2001) induzindo à formação de padrões morfológicos nas dunas costeiras (Hesp, 1991).

A vegetação dos ecossistemas dunares é ela própria *dinâmica*. A colonização da areia pelas plantas é um processo activo e contínuo que necessita de plantas adaptadas – espécies pioneiras,

colonizadoras. Os ecossistemas dunares possuem características edáficas e micro-climáticas que exigem uma grande especialização das comunidades vegetais que os colonizam, sendo estas cada vez mais especializadas à medida que se avança em direcção ao mar (Silva, 2006). Aparentemente simples, estes meios são, na realidade, deveras complexos e precários, onde sobreviver se torna uma tarefa complicada. As plantas encontram-se sujeitas a um substrato instável, a ventos fortes carregados de partículas de sal, a luminosidade excessiva, a amplitudes térmicas que vão do sol escaldante do Verão ao frio cortante do Inverno. As temperaturas elevadas associadas aos ventos fortes com elevado poder de dissecação provocam apreciável transpiração nas plantas, o que conjugado com a grande permeabilidade do solo dunar irremediavelmente as condenam a um ambiente hostil de xerofitismo, ou seja, a um ambiente em que prevalecem as condições de secura (Neto, 1999; Costa, 2001; ICNB, 2006; Ley *et al.*, 2007; Namboothri *et al.*, 2008). Para ultrapassarem todas estas limitações e sobreviver num ambiente tão adverso as plantas tiveram de adoptar diversas estratégias, respondendo com adaptações de natureza morfológica, anatómica, fenológica e fisiológica (Tabela 2.1).

**Tabela 2.1 – Factores ambientais e adaptações da vegetação dunar (Costa, 2001; Ley *et al.*, 2007; Macedo, 2008; Hesp, 1991; Ciccarelli *et al.*, 2009; Neto, 1999; Namboothri *et al.*, 2008).**

<b>Factor Ambiental</b>	<b>Adaptação</b>	<b>Exemplos</b>
<b>Salinidade</b>	Resistência/Tolerância/Preferência por sal	<i>Cakile maritima</i> (resistente) <i>Salsola kali</i> (preferência)
	Suculência (armazenamento de água nos tecidos)	<i>Cakile maritima</i> ; <i>Carpobrotus edulis</i>
<b>Soterramento na Areia</b>  <b>(Grande investimento nos órgãos subterrâneos que são muito desenvolvidos e profundos)</b>	Estimulação do crescimento (através do soterramento na areia)	<i>Ammophila arenaria</i> ; <i>Elymus farctus</i>
	Aptidão e capacidade para formar entre-nós ou rizomas horizontais e verticais conforme as deposições sobre a planta e da mobilidade da areia	<i>Ammophila arenaria</i> ; <i>Elymus farctus</i> ; <i>Artemisia crithmifolia</i> ; <i>Calystegia soldanella</i>
	Presença de estolhos	<i>Cyperus capitatus</i> ; <i>Carex arenaria</i>
	Presença de bolbos	<i>Pancratium maritimum</i>
<b>Inundação pela Água do Mar</b>	Resistência à inundação	<i>Cakile maritima</i> ; <i>Salsola kali</i> ; <i>Elymus farctus</i> (limitada)
<b>Secura</b>  <b>(as plantas desenvolvem estratégias contra a perda excessiva de água)</b>	Redução foliar (para minimizar perdas de água através da transpiração)	<i>Juniperus turbinata</i> ; <i>Otanthus maritimus</i> ; <i>Polygonum maritimum</i> ; <i>Thymus carnosus</i> ; <i>Herniaria maritima</i> ; <i>Linaria pedunculata</i> ; <i>Silene littorea</i> ; <i>Salsola kali</i>
	Folhas muito recortadas	<i>Artemisia crithmifolia</i> ; <i>Anthemis maritima</i>
	Folhas cilíndricas ou revolutas (para redução da área exposta)	<i>Ammophila arenaria</i> ; <i>Elymus farctus</i> ; <i>Helichrysum picardi</i> ; <i>Armeria pungens</i> ; <i>Corema album</i>
	Folhas com textura coriácea e espinescente	<i>Eryngium maritimum</i>

Tabela 2.1 (continuação) – Factores ambientais e adaptações da vegetação dunar (Costa, 2001; Ley *et al.*, 2007; Macedo, 2008; Hesp, 1991; Ciccarelli *et al.*, 2009; Neto, 1999; Namboothri *et al.*, 2008).

Factor Ambiental	Adaptação	Exemplos
<b>Secura</b>  (as plantas desenvolvem estratégias contra a perda excessiva de água)	Folhas revestidas com indumento (revestimento denso de pêlos de cor clara que reflecte o excesso de luz ou pêlos glandulosos)	<i>Medicago marina</i> ; <i>Otanthus maritimus</i> ; <i>Lotus creticus</i> ; <i>Malcomia littorea</i> ; <i>Helichrysum picardi</i>
	Folhas com disposição imbricada (para menor exposição aos agentes dessecantes)	<i>Euphorbia paralias</i> ; <i>Crucianella marítima</i>
	Folhas cobertas por uma camada cerosa (que as impermeabilizam)	<i>Eryngium maritimum</i>
	Folhas com forte cutícula	<i>Eryngium maritimum</i> ; <i>Artemisia crithmifolia</i> ; <i>Corema album</i> ; <i>Lotus creticus</i> ; <i>Euphorbia paralias</i> ; <i>Pancratium maritimum</i> ; <i>Juniperus turbinata</i>
	Caules e folhas suculentos com reserva de água	<i>Sedum sediforme</i> ; <i>Herniaria maritima</i> ; <i>Otanthus maritimus</i> ; <i>Artemisia crithmifolia</i> ; <i>Carpobrotus edulis</i>
	Raízes muito profundas para captar água em profundidade	<i>Euphorbia paralias</i> ; <i>Ammophila arenaria</i> ; <i>Artemisia crithmifolia</i> ; <i>Otanthus maritimus</i> ; <i>Calystegia soldanella</i>
	Sistemas radiculares superficiais (de forma a recolher de imediato a água que chega ao solo e a condensação do vapor de água durante as épocas de maior secura)	<i>Silene littorea</i> ; <i>Medicago littoralis</i>
Plantas que só abrem os estomas à noite (Plantas CAM)	<i>Sedum sediforme</i> ; <i>Carpobrotus edulis</i>	
<b>Elevadas temperaturas/ Elevada intensidade de luz</b>	Folhas cilíndricas	<i>Ammophila arenaria</i> ; <i>Elymus farctus</i>
	Plantas com cores claras	<i>Otanthus maritimus</i> ; <i>Medicago marina</i>
<b>Pobreza em nutrientes</b>	Fixação de azoto	Leguminosas
	Presença de micorrizas nas raízes (que ajudam na sobrevivência das plântulas e posteriormente colonizar as dunas)	<i>Ammophila arenaria</i>
<b>Erosão Marinha</b>	Ciclo de vida anual (com um ciclo de vida curto evita o período do ano de maior instabilidade)	<i>Cakile maritima</i> ; <i>Salsola kali</i> ; <i>Linaria pedunculata</i>
	Dispersão das sementes através da água	<i>Pancratium maritimum</i>
	Dispersão das sementes através do vento	Muitas espécies
	Presença de rizomas	<i>Ammophila arenaria</i> ; <i>Elymus farctus</i>
	Crescimento lento (para minimização do uso de recursos)	Muitas espécies
<b>Exposição ao Vento</b>	Plantas com uma forma prostrada	<i>Euphorbia peplis</i> ; <i>Calystegia soldanella</i> ; <i>Herniaria maritima</i>
	Plantas com uma forma pulviniforme (isto é, em forma arredondada)	<i>Ononis natrix</i> ; <i>Artemisia crithmifolia</i>
	Plantas com folhas coriáceas (como protecção contra o impacto mecânico das partículas arenosas movimentadas pela acção do vento)	<i>Eryngium maritimum</i>
	Formação de colmos flexíveis ou hábito amoitado ou almofadado	Gramíneas

A proximidade do mar actua como factor fortemente selectivo na instalação e crescimento da vegetação dunar (ICNB, 2006). A flora típica destes ecossistemas tende a ser fisionomicamente uniforme e bem diferenciada relativamente aos ecossistemas próximos, sendo constituída, essencialmente, por espécies psamófitas, xerófitas, halófitas, oligotróficas e resistentes ao vento e à mobilidade do substrato (Silva, 2006).

Segundo estudos realizados por García-Mora *et al.* (1999, 2000) nas costas do Golfo de Cádiz, mas que podem ser extrapolados para o resto da Península Ibérica, as espécies estruturantes dos sistemas dunares, responsáveis pela fixação das areias, podem ser agrupadas em três grupos funcionais distintos e que determinam três tipos de funcionamento em relação às condições ambientais, segundo a presença ou ausência de adaptações morfológicas e fisiológicas às diferentes condições que existem neste tipo de ecossistemas (Tabela 2.2).

Os três grupos funcionais podem coexistir numa determinada faixa do sistema dunar, no entanto a sua proporção relativa varia segundo a dinâmica sedimentar de cada faixa costeira. As espécies de tipo I aumentam a sua proporção relativa nas faixas em que as partículas arenosas são mais estáveis (dunas interiores), as espécies de tipo II são mais comuns nas faixas dunares mais afectadas pela erosão e movimentação das areias, enquanto que as espécies de tipo III se associam mais frequentemente às faixas onde dominam os processos de acumulação de areia por via eólica (García-Mora *et al.*, 1999).

As perturbações naturais, como a acção das marés ou a mobilidade das areias, entre outros factores, favorecem as espécies dos tipos II e III em detrimento das espécies do tipo I. As espécies do tipo III vivem nas condições ambientais mais adversas do sistema dunar, no entanto beneficiam de um maior fornecimento de nutrientes, uma vez que colonizam a zona onde se acumulam os detritos orgânicos trazidos pelas ondas durante as marés e tempestades. A estabilização e enriquecimento do solo em matéria orgânica favorecem o aparecimento de espécies do tipo I (García-Mora *et al.*, 1999), indicadoras de estádios dunares estabilizados ou de degradação das dunas primárias (Silva *et al.*, 2004), uma vez que a compactação do solo favorece o surgimento de espécies deste tipo.

As espécies de tipo III representam um elemento chave para a manutenção do equilíbrio dinâmico dos sistemas dunares, sendo que a sua abundância determina o grau de vulnerabilidade do sistema (García-Mora *et al.*, 2001) e, como tal, constituem um bom indicador biológico do estado de conservação dos sistemas dunares costeiros.

**Tabela 2.2 – Principais características e espécies dos diferentes tipos de grupos funcionais de plantas dos sistemas dunares (Adaptado de García-Mora *et al.*, 1999)**

Grupo Funcional I	Grupo Funcional II	Grupo Funcional III
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espécies anuais de Inverno;</li> <li>- Pequeno porte (Altura da estrutura aérea ≤ 15 cm);</li> <li>- As estruturas foliares não apresentam adaptações específicas aos ambientes costeiros;</li> <li>- Sistema radicular aprumado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espécies perenes;</li> <li>- Sistema radicular muito ramificado e/ou profundo;</li> <li>- As folhas apresentam adaptações ao stress dos ambientes costeiros (folhas rijas, suculentas e pubescentes).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espécies perenes ou anuais de Verão;</li> <li>- Sistema radicular muito ramificado e/ou profundo;</li> <li>- Altura da estrutura aérea &gt; 15 cm;</li> <li>- Resistência ao soterramento;</li> <li>- Dispersão marinha;</li> <li>- Possuem órgãos de reserva subterrâneos;</li> <li>- Folhas suculentas, pubescentes e com forte cutícula.</li> </ul>
<i>Aetheorhiza bulbosa</i>	<i>Armeria pungens</i>	<i>Ammophila arenaria</i>
<i>Anacyclus radiatus</i>	<i>Artemisia crithmifolia</i>	<i>Arundo donax</i>
<i>Arctotheca calendulae</i>	<i>Carpobrotus edulis</i>	<i>Cakile maritima</i>
<i>Bromus diandrus</i>	<i>Crucianella maritima</i>	<i>Calystegia soldanella</i>
<i>Bromus rigidus</i>	<i>Helychrysum picardii</i>	<i>Cyperus capitatus</i>
<i>Carduus meoanthus</i>	<i>Linaria lamarkii</i>	<i>Elymus farctus</i>
<i>Chenopodium album</i>	<i>Linaria pedunculata</i>	<i>Eryngium maritimum</i>
<i>Chenopodium murale</i>	<i>Lotus creticus</i>	<i>Euphorbia paralias</i>
<i>Cutandia maritima</i>	<i>Malcolmia littorea</i>	<i>Euphorbia peplis</i>
<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Ononis variegata</i>	<i>Medicago marina</i>
<i>Emex espinosa</i>	<i>Pycnocomon rutifolium</i>	<i>Otanthus maritimum</i>
<i>Erodium cicutarium</i>	<i>Reichardia gaditana</i>	<i>Pancratium maritimum</i>
<i>Hedypnois cretica</i>	<i>Silene ramosissima</i>	<i>Polygonum maritimum</i>
<i>Hypochaeris glabra</i>	<i>Thymus carnosus</i>	<i>Salsola kali</i>
<i>Lagurus ovatus</i>		<i>Sporobolus pungens</i>
<i>Medicago littoralis</i>		
<i>Medicago minima</i>		
<i>Paronychia argentea</i>		
<i>Plantago coronopus</i>		
<i>Pseudorlaya pumilla</i>		
<i>Rumex tingitanus</i>		
<i>Scolymus maculatus</i>		
<i>Senecio vulgaris</i>		
<i>Solanum nigrum</i>		
<i>Sonchus oleraceus</i>		
<i>Sonchus tenerimus</i>		
<i>Vulpia alopecurus</i>		

Além da vegetação natural dos sistemas dunares, são frequentemente encontradas espécies da flora sinantrópica, ou seja, espécies resultantes de actividades agrícolas ou plantadas pelo ser humano, onde se incluem as espécies exóticas. Estas espécies podem funcionar como possíveis indicadores do estado de degradação ou vulnerabilidade dos sistemas dunares, uma vez que quando ocorre a destruição da vegetação nativa, estas espécies aproveitam a oportunidade para colonizar as areias.

As espécies existentes nos sistemas dunares distribuem-se no espaço em função de gradientes ambientais como a instabilidade do substrato, temperatura, pH, secura, salinidade, carência de nutrientes e exposição a ventos fortes. Os diferentes graus de intensidade (Figura 2.6) com que

actuaem estes factores ambientais determinam a existência de uma zóna da vegetação no sentido perpendicular à linha de costa, reconhecendo-se distintas unidades fisiográficas e ecológicas (Gallego-Fernández *et al.*, 2003; Macedo, 2008). Por exemplo, o factor salinidade do solo determina a existência de comunidades mais halófilas próximo do mar e de comunidades menos halófilas em zonas mais afastadas da influência marítima. A transição entre as diferentes comunidades vegetais é gradual, o que implica que, nas zonas de transição, existam espécies pertencentes às comunidades em contacto (Silva, 2006). À medida que se percorre o sistema dunar em direcção ao interior e, portanto, aumenta a distância ao mar, observa-se um gradiente exponencial de complexidade estrutural da vegetação e um aumento do número de espécies presentes.

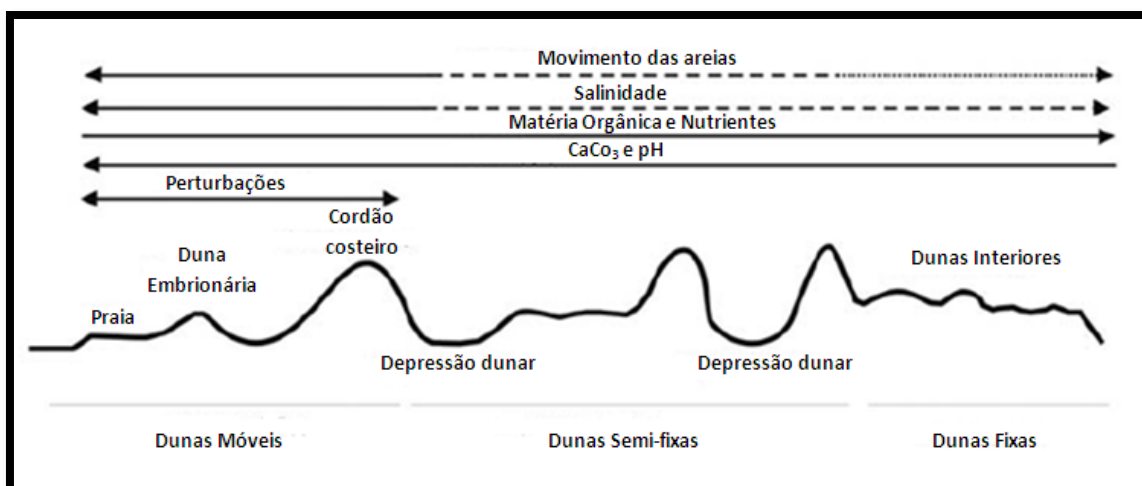


Figura 2.6- Gradientes abióticos nos sistemas dunares (Adaptado de Carter, 1988; Brown & McLachlan, 1994 in Ley *et al.*, 2007).

### 2.3.1. Vegetação da Zona do Limite Superior da Maré

A zona do limite superior da maré, sujeita a frequentes inundações de água do mar, é a zona onde se acumulam os detritos orgânicos (fonte de azoto) trazidos pelas ondas durante as marés e tempestades. No sistema dunar corresponde à zona em que se verifica a maior instabilidade do substrato. Aqui, surgem comunidades de plantas anuais (vegetação anual pioneira) formadas por espécies como *Cakile maritima*, *Salsola kali*, *Polygonum maritimum* e *Euphorbia peplis*. Devido à sua tolerância à elevada salinidade do substrato e à sua necessidade em nutrientes, estas plantas classificam-se como halonitrófilas e são, geralmente, plantas suculentas de crescimento rápido (Olmos *et al.*, 2004; Ley *et al.*, 2007; Ciccarelli *et al.*, 2009) com preferência por substrato arenoso (psamófilas). O pisoteio a que se encontram sujeitas as praias, principalmente na época balnear, limita o estabelecimento destas comunidades, que possuem um baixo grau de cobertura e são de

ocorrência esporádica. Embora temporariamente estas plantas acumulem bastante areia, o seu efeito apenas se faz sentir durante o período de crescimento activo. Após o seu desaparecimento, uma vez que são plantas anuais, a areia acumulada é novamente movimentada pelo vento.

### **2.3.2. Vegetação da Duna Embrionária**

A duna embrionária é colonizada por vegetação vivaz pioneira dos ecossistemas dunares, sendo maioritariamente constituída por espécies perenes. A notória influência do mar e a baixa capacidade de retenção de água e instabilidade do substrato levam a que poucas espécies aqui se instalem (Martins e Freitas, 1998). A duna embrionária é colonizada por comunidades de plantas dominadas por *Elymus farctus* (Feno-das-areias) e *Ammophila arenaria*, que actuam como espécies estruturantes. No entanto, a dominância pertence à espécie *Elymus farctus*. Assim, forma-se gradualmente uma elevação de areia que dará origem à duna embrionária, cujo crescimento em altura vai depender unicamente do desenvolvimento das plantas (Neto, 1999; Ley *et al.*, 2007), que é estimulado pelo soterramento na areia. As espécies referidas encontram-se acompanhadas por outras psamófilas litorais como *Euphorbia paralias*, *Eryngium maritimum*, *Otanthus maritimus* e *Polygonum maritimum* (Ley *et al.*, 2007). A vegetação nesta estreita faixa apresenta baixo grau de cobertura, pelo que o vento movimenta facilmente as partículas de areia, que são arrastadas para o interior.

### **2.3.3. Vegetação da Duna Primária**

A duna primária é uma etapa mais evoluída da duna embrionária, com uma flora semelhante, mas mais rica, uma vez que sofre menos severamente os efeitos do vento e da influência marinha. No entanto, à semelhança das estruturas dunares já referidas, também esta é caracterizada pela escassez de nutrientes e de água.

Nesta estrutura dunar a dominância pertence à gramínea *Ammophila arenaria*, espécie precursora do crescimento do depósito sedimentar eólico. Esta espécie encontra-se acompanhada por um número relativamente baixo de espécies como *Elymus farctus*, *Euphorbia paralias*, *Otanthus maritimus*, *Medicago marina*, *Pancratium maritimum*, *Cyperus capitatus* e *Eryngium maritimum* (Neto, 1999; García-Mora *et al.*, 1999; Gallego-Fernández *et al.*, 2003; Olmos *et al.*, 2004). Esta

gramínea tem um sistema radicular complexo, encontrando-se as raízes frequentemente a 2 metros de profundidade, podendo mesmo atingir os 5 metros (Huiskes, 1979 *in* Reis, 1998). A sua vasta distribuição geográfica, ao longo de toda a costa europeia, reflecte uma grande amplitude ecológica (Reis, 1998).

É de salientar que a cobertura de *Ammophila arenaria* e *Elymus farctus* constitui um importante indicador para a caracterização da condição dos sistemas dunares. Uma cobertura muito baixa de *Ammophila arenaria* pode ser reveladora de sistemas dunares degradados, uma vez que pode conduzir a galgamentos oceânicos, eliminando a frente dunar. Uma cobertura mais elevada de *Elymus farctus*, espécie de carácter pioneiro característica da duna embrionária, reflecte uma estruturação dunar primária (Silva *et al.*, 2004).

#### **2.3.4. Vegetação da Duna Secundária**

As condições para o crescimento da vegetação são mais favoráveis na duna secundária – diminuição da velocidade do vento, menor influência da salsugem, maior evolução pedogenética, maior acumulação de matéria orgânica –, o que se traduz num aumento do número de espécies existentes que cobrem quase totalmente a superfície arenosa (Neto e Capelo, 1999; Ley *et al.*, 2007). Moitas compactas de espécies arbustivas de maior porte alternam com áreas despidas de vegetação (nos locais mais expostos ao vento) ou com um coberto baixo e esparso de herbáceas e sub-arbustos (em locais mais abrigados). Na duna secundária podem-se encontrar espécies como *Corema album*, *Artemisia crithmifolia*, *Helichrysum italicum*, *Thymus carnosus*, *Armeria pungens*, *Sedum sediforme*.

#### **2.3.5. Vegetação da Duna Terciária**

As areias depositadas para o interior, na duna terciária, são revestidas por comunidades arbustivas densas e de porte elevado. Estas comunidades constituem a etapa mais evoluída do sistema dunar, com grau de cobertura perto dos 100% e elevada complexidade estrutural.

Esta zona do sistema dunar foi ocupada por extensas plantações de *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) (Ley *et al.*, 2007), que veio substituir a vegetação natural. Foi plantado outrora como forma de estabilizar as areias e impedir o seu avanço para o interior. Não existe informação acerca da

vegetação natural que seria suposto encontrar caso não se tivesse plantado estas matas semi-naturais.

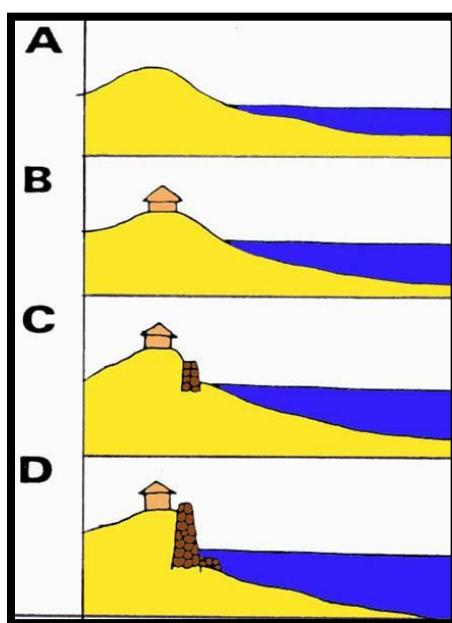
## **2.4. Usos e Impactes**

A intensificação do crescimento populacional nas áreas costeiras, a ampliação das áreas industriais, os impactes das actividades antrópicas levadas a cabo nas bacias hidrográficas e das intervenções de defesa costeira, o crescimento do turismo balnear e as alterações climáticas entre outros factores, em muitos casos com expressão transfronteiriça, constituem os principais problemas das áreas litorais. Segundo o relatório *The Changing Face of Europe's Coastal Areas* (EEA, 2006), o rápido crescimento da utilização do espaço costeiro ameaça destruir o delicado equilíbrio destes ecossistemas, ressaltando o facto que a densidade populacional destas áreas é, em média, 10% mais elevada do que no interior do território, chegando aos 50% em alguns países. Mais preocupante ainda, é a conversão de áreas naturais costeiras em áreas artificializadas que está a ocorrer a um ritmo superior ao aumento da densidade populacional. Em diversas zonas costeiras europeias, como é o caso de Portugal, a percentagem de áreas artificializadas é superior a 45% da área total da faixa costeira.

As excepcionais condições do litoral para o desenvolvimento de múltiplas actividades humanas propiciaram uma contínua migração de habitantes, indústrias e serviços para as zonas costeiras (Medina e Méndez, 2006), levando a uma rápida degradação do litoral português nas últimas décadas (Dias, 1990; Couteiro, 1994). A diminuição da largura das praias, a migração das dunas para o interior, entre outras, constituem evidências de uma situação de erosão generalizada em quase a totalidade do litoral português (Laranjeira, 1997). A manterem-se as actuais tendências e estratégias de actuação, é previsível que em breve todo o litoral do nosso país esteja irremediavelmente comprometido (Dias, 1990). Actualmente, as dunas costeiras apresentam, na sua grande maioria, um elevado grau de degradação e, as zonas conservadas enfrentam um grave risco pela dissociação entre conservação e desenvolvimento turístico (Carter, 1988; García-Mora *et al.*, 1998).

### 2.4.1. Pressão Antrópica

A pressão urbana (edificação, indústrias, infra-estruturas rodoviárias e ferroviárias) sobre as dunas imediatamente sobranceiras à praia resultou na destruição de grandes extensões do cordão dunar, perdendo-se a garantia de estabilidade da linha de costa. As praias ficaram mais expostas à acção erosiva do rebentamento das ondas em situação de tempestade. Por outro lado, com a redução da largura das praias, diminui o seu poder de dissipação da energia das ondas (Paskoff, 1985), que acabam por provocar muitas vezes prejuízos materiais e humanos (Figura 2.7).



**Figura 2.7 - Efeitos destruidores da edificação sobre o sistema dunar (Adaptado de Paskoff, 1985).**

A – Sistema de praia-duna em equilíbrio dinâmico; B – Construção de uma habitação sobre a duna frontal; C – A duna frontal é erodida pelo mar durante as tempestades. Para protecção da habitação da acção das vagas constrói-se um muro. Ao impedir totalmente as trocas de areia entre a duna e a praia e, por outro lado, ao reforçar a turbulência da rebentação das ondas, o muro desencadeia a retirada da areia e recuo da praia; D – O muro de protecção é submetido à acção das vagas que o destroem, tendo este que ser reforçado, enquanto a praia acaba por desaparecer.

Quando há sobreutilização das praias, com excesso de pisoteio no acesso à praia, a vegetação é continuamente pisada ao ponto de ser destruída, o que provoca a destabilização da duna e mobilização da areia. Formando-se frequentemente brechas de areia solta, que rapidamente exploram um caminho preferencial, formando corredores de deflação que podem degenerar em formas de erosão bem definidas – os *blowouts*. As brechas e *blowouts*, ao constituírem uma reentrância na duna frontal, contribuem significativamente para a ocorrência de galgamentos oceânicos aquando das tempestades (Laranjeira, 1997; Almeida, 2001). As actividades recreativas, como a circulação de veículos motorizados (proibido pelo Decreto-Lei nº 218/95 de 26 de Agosto), passeios a cavalo e

campismo selvagem, assim como a construção de parques de estacionamento em cima dos sistemas dunares, também contribuem gravemente para a abertura de caminhos e destruição da vegetação dunar, não dando a oportunidade a que a vegetação dunar se regenere.

Uma vez que as comunidades vegetais proporcionam a acumulação de areia nas dunas, que servirá de *stock* para repor a areia erodida durante as tempestades de Inverno, a sua destruição implica que o fluxo de areia e os processos sedimentares, como a deriva costeira, sejam interrompidos ou reduzidos. Assim, a duna é erodida sem que seja restituída a areia necessária para o restabelecimento desse *stock* (Silva *et al.*, 2004), ou seja, a quantidade de areia eólica retirada da duna primária não é compensada com a mesma quantidade de areia vinda da praia. Devido a este défice sedimentar litoral ocorre uma redução da largura da praia, rompendo-se o equilíbrio dinâmico entre esta e as dunas (Cunha, 1998). Nestas condições, o sistema frontal apresenta uma elevada transformação morfológica e ecológica e uma reduzida capacidade de resiliência (Ferreira e Laranjeira, 2000).

O cultivo directo sobre as dunas conduz à eliminação da vegetação dunar, e conseqüentemente à grave alteração de toda a dinâmica dunar e das características do solo e lençol freático, aumentando o risco de contaminação dos aquíferos devido à grande porosidade e permeabilidade das areias. O pastoreio conduz igualmente a um aumento da vulnerabilidade do sistema dunar, uma vez que os animais se alimentam das espécies dunares e compactam o solo através do pisoteio. Segundo Gallego-Fernández *et al.* (2003) o pastoreio leva à alteração da composição das comunidades vegetais e à diminuição da capacidade de intercepção da areia.

A abertura de poços de água doce pode provocar o abaixamento do nível do lençol freático a um nível tal que não permita a sobrevivência da vegetação dunar. Pode ainda haver a agravante de intrusão de água salgada.

Qualquer actividade que reduza o coberto vegetal conduzindo à sua fragmentação, promove a entrada de espécies exóticas (Martins e Freitas, 1998) que, ao introduzirem-se nos sistemas dunares, podem levar à alteração das suas características estruturais e funcionais, podendo mesmo colocar em perigo determinadas espécies e processos – espécies invasoras –, como é o caso da espécie *Carpobrotus edulis* (chorão). Introduzida no século XX, esta espécie invasora é a que mais se encontra em ecossistemas dunares (Ley *et al.*, 2007). Surge ao longo de todo o cordão dunar, interferindo no processo de formação dos sistemas dunares, uma vez que possui um vigoroso crescimento vegetativo que leva à formação de extensos tapetes contínuos, inibindo a deslocação da areia (Noivo e Bernardes, 1998; Santos *et al.*, 2009) e, para além disso, inibe o desenvolvimento das espécies endógenas das dunas, substituindo-as.

As intensivas plantações florestais de pinheiro, que ocorreram no passado, também provocam uma grave alteração na dinâmica da vegetação dunar, devido ao ensombramento e modificação das características edáficas, uma vez que a matéria orgânica das coníferas é ácida.

#### 2.4.2. Redução do Fornecimento de Areias

A extracção de areia das dunas e das praias ou a dragagem da área marinha adjacente para a construção civil altera o balanço sedimentar e impede o crescimento da duna em altura, facilitando a erosão marinha, a destruição da vegetação e a mobilização de areias para o interior (Ley *et al.*, 2007) (Figura 2.8). Desta forma, o balanço sedimentar torna-se negativo, uma vez que as areias que contribuiriam para a regularização da linha de costa não voltam a ser repostas nas praias. Adicionalmente um volume muito significativo de sedimentos também não chega a atingir o litoral, em consequência da sua retenção pelas barragens (Laranjeira, 1997).

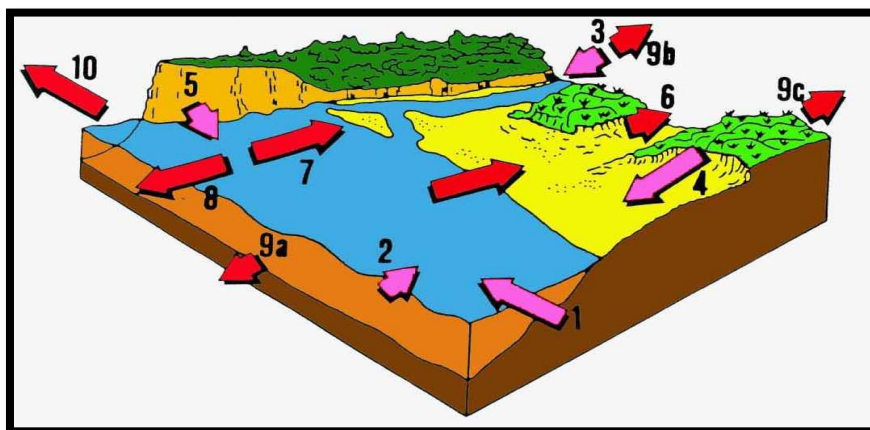


Figura 2.8 - Ganhos (rosa) e perdas (vermelho) de sedimentos de uma praia (Adaptado de Hanson e Lindh, 1993).

Contributo de sedimentos pela deriva litoral (1); pelo transporte *onshore* de areias, depois das tempestades, a partir dos bancos arenosos submersos (2); pelos cursos de água e estuários (3); pela erosão das dunas durante as tempestades (4); e pela erosão das arribas (5). Perda de sedimentos pelo vento e galgamentos oceânicos, para o interior (6); pela deposição de areias nos estuários (7); pelo transporte *offshore* de areias, especialmente durante tempestades (8); pela extracção de areias dos fundos submersos (9a), dos rios (9b), e das dunas (9c) e; através da deriva litoral, para outras áreas (10).

#### 2.4.3. Construção de Obras de Engenharia Costeira

Com a finalidade de proteger imóveis imprudentemente localizados à beira-mar foram construídas estruturas artificiais, como diques, molhes, quebra-mares e paredões de protecção, que funcionam

como barreiras à deriva litoral (Granja e Carvalho, 1995), alterando a dinâmica sedimentar litoral. Assim, ocorre uma significativa redução da quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral, conduzindo à perda dos sistemas dunares (Laranjeira, 1997).

Por outro lado, os esporões (Figura 2.9) perturbam a circulação de sedimentos ao longo da linha de costa, provocando a acumulação de areias a barlamar, enquanto que os sectores a sotamar, privados dos contributos pela deriva litoral, vão emagrecendo e recuando.

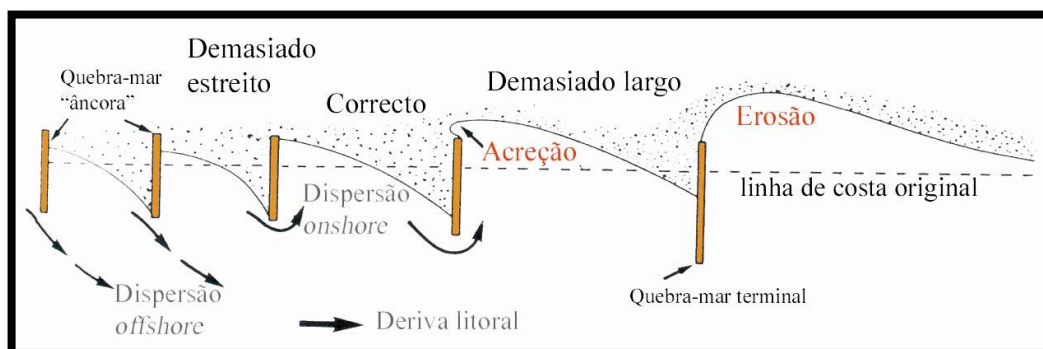


Figura 2.9 - Deriva litoral após a construção de um esporão (Adaptado de Carter, 1988).

#### 2.4.4. Subida do Nível Médio das Águas do Mar

No ano de 1990 o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) expôs, pela primeira vez, as zonas costeiras como áreas particularmente vulneráveis às alterações climáticas, nomeadamente no que refere à subida do nível médio das águas do mar. Segundo o quarto relatório do IPCC (2007), a inequívoca subida da temperatura média global (entre 1,1 e 6,4°C durante o século XXI), derivada do agravamento do efeito de estufa originado pela libertação de gases com efeito de estufa (GEEs) para a atmosfera, conduzirá à expansão térmica das camadas superiores dos oceanos e ao degelo dos glaciares, o que por sua vez, originará a subida do nível médio das águas do mar estimada entre 0,18 a 0,59 m em 2100, dependendo do cenário de emissões.

Portugal, possuidor de um vasto litoral, será um dos países mais afectados pelas alterações climáticas e pela pressão que resulta da subida do nível médio das águas do mar. De acordo com o projecto SIAM (*Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação – Projectos SIAM I e SIAM II*), estima-se que até ao final do século XXI ocorra um aumento de temperatura na ordem dos 4°C a 7°C na Península Ibérica e uma subida do nível médio das águas do mar de cerca de 0,50 m em Portugal – a erosão irá afectar 67% do litoral com tendência ao agravamento.

As dunas e praias são particularmente sensíveis à subida do nível médio das águas do mar, uma vez que as dunas vão começar a migrar no sentido da terra e a linha de costa vai experimentar um recuo generalizado (dinâmica transgressiva). Caso exista ocupação humana a impedir o avanço das dunas para o interior, a destruição dos sistemas dunares é iminente, já que estes perdem a possibilidade de se adaptarem à subida do nível do mar (Laranjeira, 1997). Para além disso, os fenómenos climáticos extremos tendem a ser cada vez mais prováveis, podendo conduzir a consequências catastróficas, uma vez que a degradação dos sistemas dunares torna-os mais susceptíveis aos galgamentos oceânicos, impedindo-os, assim, de proteger eficazmente as áreas interiores, que passam a estar desprotegidas da acção destruidora do mar, levando a inúmeras situações de risco (Rowley *et al.*, 2007; Gomes, 2007).

## **CAPÍTULO 3 – MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1. Caracterização da Área de Estudo**

O território de Portugal Continental apresenta uma forma rectangular (disposta aproximadamente na direcção norte-sul), possuindo uma linha de costa com aproximadamente 970 quilómetros, três quartos da qual se encontram expostos a Oeste e um quarto a Sul. Do ponto de vista geomorfológico assiste-se a uma alternância entre três tipos de zona costeira: zona costeira arenosa baixa, zona costeira rochosa baixa e zona costeira rochosa alta (INAG, 2006). As zonas costeiras arenosas baixas, que representam as praias e as estruturas dunares, constituem uma extensão bastante considerável do litoral do país, como se pode observar pela Figura 3.1. Segundo Santos (1992) (citado por Lage, 2009), os sistemas dunares ocupam cerca de 591 quilómetros, o que corresponde a aproximadamente 61% da faixa litoral do país.

As dunas litorais portuguesas possuem uma notável riqueza florística no contexto europeu. Por um lado, as condições climáticas mais favoráveis permitem a existência de um maior número de espécies. Por outro lado, a vegetação dunar portuguesa foi poupada durante os períodos glaciares, o que terá permitido a conservação de um maior número de espécies.

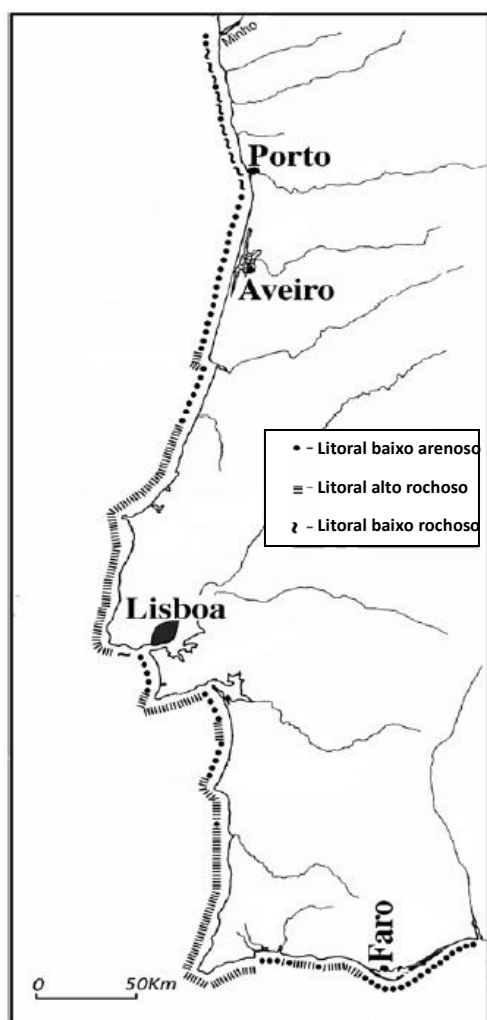


Figura 3.1 - Caracterização geomorfológica da zona costeira portuguesa (Adaptado de Ferreira *et al.*, 2001 in INAG, 2006).

A área de estudo, localizada no sistema dunar da Praia do Meco (também conhecida como praia do Moinho de Baixo), situa-se na orla ocidental da Península de Setúbal, no arco litoral Caparica - Espichel, cerca de 30 quilómetros a sul de Lisboa (Figura 3.2). O litoral desta Península evidencia acentuada assimetria morfológica, em virtude dos diferentes regimes de agitação marítima a que está exposto e da natureza e estrutura do substrato rochoso que o suporta. Aproximadamente dois terços do arco litoral Caparica - Espichel são constituídos por um litoral de acumulação, o que origina uma costa baixa contínua e arenosa desde a Caparica até à Praia das Bicas (situada um pouco mais a sul da área de estudo). O terço que resta do arco é rochoso, constituindo essencialmente um litoral de erosão. Possui, no entanto, algumas pequenas praias de areia em baías abrigadas e bem encaixadas em recortes da arriba (Cruces *et al.*, 2002). Todo o litoral da fachada ocidental da Península de Setúbal é dominado por uma arriba, ora relativamente próxima, ora mais afastada do mar. Esta arriba é denominada fóssil, essencialmente, nos primeiros dois terços do arco litoral referido, uma vez que já não se encontra em contacto directo com o oceano, não sofrendo

consequentemente erosão marinha. A arriba activa (ou viva) é observada, particularmente, a Sul da Praia das Bicas.

O flanco sul da Lagoa da Albufeira (até ao Cabo Espichel) é constituído por uma série essencialmente detrítica e carbonatada depositada desde o Cretácio até à actualidade, inclinando para Norte (Cruces *et al.*, 2002). Os depósitos pliocénicos resultam da actividade de um vasto sistema fluvial que se instalou nesta região, ravinando os terrenos miocénicos. Os fundos dos antigos canais fluviais encontram-se revestidos por leitos de calhaus muito rolados de diferentes litologias, aos quais se sobrepõem areias finas, que testemunham a perda de capacidade de transporte, abandono ou divagação do canal. Seguem-se camadas areníticas, turfosas, finalmente cobertas por um nível de argilas cinzentas a negras com restos vegetais (Romariz e Carvalho, 1961 *in* Cruces *et al.*, 2002; Manuppella *et al.*, 1999 *in* Cruces *et al.*, 2002), que representam os depósitos de cheia deste sistema fluvial quando o rio galgava o seu leito de estio e inundava as planícies aluviais adjacentes (Cruces *et al.*, 2002).

O abarrancamento e os escorregamentos das areias pliocénicas são os principais responsáveis pelo encaminhamento de um elevado volume de sedimentos em direcção à praia, contribuindo para a sua alimentação (Cruces *et al.*, 2002).

A Praia do Meco regista uma elevada taxa de recuo da arriba, que alcança cerca de 1m/ano (Sobreira e Marques, 1994 *in* Cruces *et al.*, 2002).

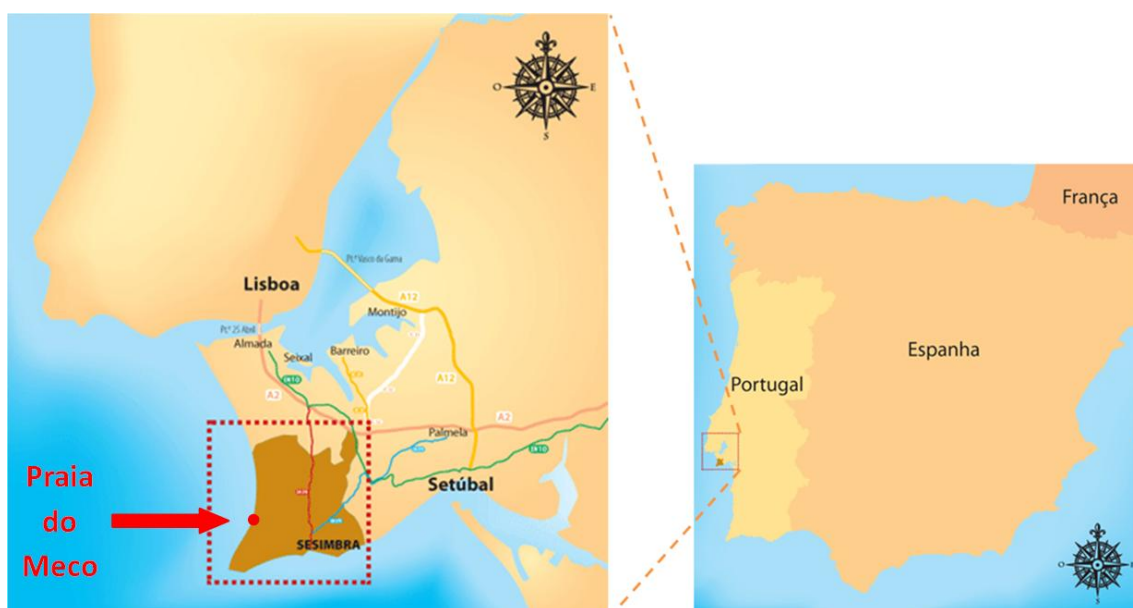


Figura 3.2 - Enquadramento geográfico da Praia do Meco (Adaptado de CMS, 2010).

A Praia do Meco é uma das mais reconhecidas praias de naturismo portuguesa e integra-se na Área Metropolitana de Lisboa (AML), suportando os diversos problemas e conflitos que daí advêm relacionados com a pressão antrópica e a ausência de uma gestão eficaz dos valores naturais.

A praia em estudo é de tipo predominantemente encaixado em litoral rochoso alto (arriba). Conta com um extenso areal, possuindo este uma largura significativa de cerca de 100 metros. Esta região apresenta um clima tipicamente mediterrânico. Os ventos dominantes, do quadrante Noroeste, atingem o litoral obliquamente, facto que favorece o transporte de partículas arenosas do mar em direcção ao interior e, conseqüentemente, a formação das dunas.

Em termos de enquadramento ambiental, o sistema dunar em estudo insere-se no sítio Arrábida/Espichel (PTCON0010), possuindo diversos habitats classificados no âmbito do Plano Sectorial da Rede Natura 2000 (PSRN2000), muitos deles considerados prioritários. Na zona do limite superior da maré encontra-se vegetação anual caracterizada por comunidades psamófilas dominadas por *Cakile maritima* (habitat 1210). Seguindo em direcção ao interior encontram-se em primeiro lugar as dunas embrionárias móveis (habitat 2110), caracterizadas por comunidades halopsamófilas de baixo grau de cobertura dominadas pela herbácea hemicriptofítica *Elymus farctus*. Em seguida, encontram-se as dunas móveis (dunas primárias), onde a vegetação é dominada por *Ammophila arenaria* (habitat 2120). Mais ainda para o interior encontram-se as dunas fixas (dunas secundárias) colonizadas por comunidades arbustivas camefíticas dominadas por *Armeria pungens* e *Thymus carnosus* (habitat prioritário 2130). Outras comunidades a destacar são as de carácter arbustivo dominadas por *Juniperus turbinata*, correspondendo às comunidades lenhosas maduras das dunas terciárias (habitat prioritário 2250) (ALFA, 2004).

No sistema dunar em estudo encontram-se espécies endémicas de Portugal tal como *Thymus carnosus*, *Herniaria maritima* e *Euphorbia transtagana*. Apesar de estas espécies constarem do anexo II da Directiva Habitats e, portanto, gozarem de um estatuto de protecção, as suas populações encontram-se em regressão em algumas zonas do litoral. Este facto reforça a necessidade de uma maior capacidade de vigilância e protecção desta área.

O sistema dunar em estudo integra na Reserva Ecológica Nacional (REN) e é abrangido pelo Plano de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) Sintra-Sado, sendo que um dos objectivos deste plano é a recuperação dos sistemas dunares, inclusive da Praia do Meco, aprovado pelo Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN) 2007-2013.

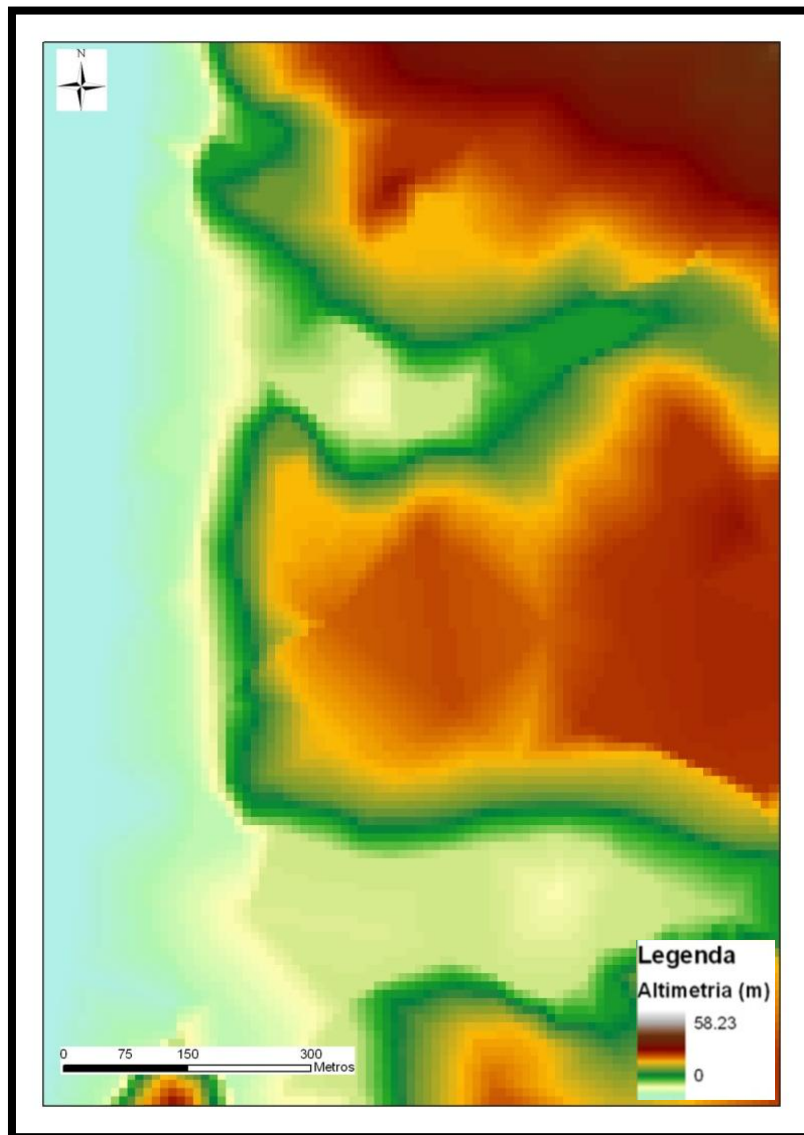
O projecto de requalificação da zona envolvente à Praia do Meco, incluído no POOC Sintra-Sado, contempla a requalificação dos parques de estacionamento existentes, a reestruturação das acessibilidades à praia (que actualmente se fazem através de uma estrada estreita e sem passeios), a

criação de um parque de merendas e a construção de passadiços sobrelevados de madeira sobre o sistema dunar. Um dos pontos mais importantes do plano é a colocação de vedações para impedir a circulação directa sobre a vegetação do sistema dunar por forma a recuperar e valorizar este ecossistema. Está prevista também a remoção de plantas invasoras, nomeadamente o Chorão, e a implantação de captadores de areias para favorecer a regeneração do sistema.



Figura 3.3 - Área de Estudo: Sistema dunar da Praia do Meco.

Nas Figuras 3.3 e 3.4 apresentam-se, respectivamente, a área de estudo e a sua altimetria. Na Figura 3.3 pode-se observar uma área totalmente descoberta de vegetação no topo do sistema dunar (que serve como parque de estacionamento), uma área onde ocorreu em tempos uma deposição de entulho, os equipamentos de apoio, a linha de água, terrenos agrícolas e os parques de estacionamento.



**Figura 3.4 - Altimetria da área de estudo.**

A topografia do sistema dunar em estudo caracteriza-se por um aumento da altimetria no cordão de dunas embrionária e primária, seguida de uma ligeira diminuição dos valores deste parâmetro no espaço interdunar e de um novo aumento na duna secundária. Contudo, o Modelo Digital de Terreno obtido não tinha resolução espacial suficiente para demonstrar o espaço interdunar. Esta zona não é

um espaço interdunar típico, uma vez que aí a toalha freática não parece atingir a superfície dando origem a charcos temporários.

Através da análise das Figuras anteriores (3.3 e 3.4) são visíveis áreas em que o sistema dunar foi completamente eliminado, o que provavelmente foi devido à destruição da vegetação como consequência do pisoteio, derivado principalmente da condução de veículos, da construção de acessos à praia, assim bem como, de parques de estacionamento e equipamentos de apoio. A areia ao começar a ser mobilizada por falta do coberto vegetal, foi facilmente transportada pelo vento em direcção ao interior, aumentando progressivamente o caminho em largura e comprimento, acabando por originar uma forma que se assemelha a uma duna parabólica (Figura 3.5).



Figura 3.5 – Forma que se assemelha a uma duna parabólica no sistema dunar da Praia do Meco (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).

Observaram-se muitos caminhos sobre o sistema dunar de acesso à praia que poderão eventualmente vir a funcionar no futuro como áreas preferenciais à ocorrência de galgamentos oceânicos, originando *Blowouts* ou dunas parabólicas (Figura 3.6).



Figura 3.6 - Caminho sobre o sistema dunar de acesso à praia potencializando a formação de um *blowout* (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).

Ao longo da estrada que dá acesso à praia existem parques de estacionamento em terrenos privados vedados, áreas onde o sistema dunar foi completamente destruído (Figura 3.7). O solo encontra-se compactado e apresenta uma vegetação não característica destes ecossistemas. Os referidos parques de estacionamento ficam muitas vezes lotados, o que leva os veraneantes a deixar os seus veículos em locais impróprios, como nas dunas.



**Figura 3.7 - Parques de estacionamento em terrenos privados vedados de acesso à estrada principal (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).**

No topo do sistema dunar, a meio da área de estudo, encontra-se uma extensa área utilizada como parque de estacionamento, não possuindo qualquer tipo de coberto vegetal (Figura 3.8). A areia encontra-se solta e instável, sendo facilmente transportada pelo vento. Os veraneantes deixam aí os seus veículos estacionados e seguem em direcção à praia, abrindo diversos caminhos na vegetação dunar.



Figura 3.8 - Parque de estacionamento no topo do sistema dunar da Praia do Meco, descoberto de qualquer tipo de vegetação (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).

Próximo deste local existe outra zona de dimensão considerável onde em tempos (não existe informação sobre a data desta ocorrência) houve uma deposição de entulho. Nesta zona, o substrato, em vez de ser constituído por partículas arenosas é formado por pedras de natureza calcária (Figura 3.9). Ao longo do trabalho de campo foi possível observar que a vegetação que ocupa esta zona de detritos é diferente da vegetação que coloniza as areias. Nesta zona foram observadas espécies como *Sedum sediforme*, *Crithmum maritimum* e *Corynephorus canescens* em grande abundância, bastante mais elevada do que no resto do cordão dunar. E desaparecem outras espécies comuns no resto do cordão dunar, como *Medicago marina*.



Figura 3.9 - Deposição de entulho constituído por pedras de natureza calcária sobre o sistema dunar da Praia do Meco (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).

Perto da estrada principal de acesso à praia encontram-se as ruínas de uma construção e uma pequena casa no topo da duna (Figura 3.10), indícios de uma antiga ocupação (não foi encontrada informação relativa a estas ruínas, nem à casa).



**Figura 3.10 - Ruínas de uma construção antiga e casa no topo do sistema dunar da Praia do Meco (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).**

À semelhança do que sucede com um crescente número de municípios, em particular, naqueles que se encontram situados no litoral, em Sesimbra a potencialidade turística é assumida como fundamental ao desenvolvimento futuro do concelho. Este ponto de vista traduz-se na procura crescente do espaço litoral motivada pela promoção da oferta turística, já que as praias continuam a ser o principal destino turístico na época de Verão. A ocupação da Praia do Meco caracteriza-se por uma marcada sazonalidade relacionada com o turismo balnear. Devido à sua proximidade da capital, constitui um pólo turístico de fácil e rápida acessibilidade por parte dos habitantes da metrópole.

A afluência de pessoas e a falta de medidas que visem a protecção do sistema dunar origina o pisoteio responsável pela vasta rede de caminhos que atravessam este ecossistema. O pisoteio constitui um factor de vulnerabilidade de extrema importância, uma vez que impede a regeneração da vegetação nos trilhos já existentes e, para além disso, leva à abertura de novos caminhos (Figura 3.11).



Figura 3.11 - Caminhos abertos sobre o sistema dunar da Praia do Meco (Fotografias: Cátia Sousa, 2010).

O único passadiço de madeira sobrelevado existente na Praia do Meco localiza-se na entrada principal da praia, abrangendo apenas uma pequena área do sistema dunar (Figura 3.12 b)), conferindo acesso desde os parques de estacionamento até à praia e aos dois restaurantes, os quais também foram implantados sobre o sistema dunar (Figura 3.12 a)).



Figura 3.12 - Estruturas de apoio sobre o sistema dunar da Praia do Meco: a) restaurantes e sanitários; b) passadiço de madeira (Fotografias: Cátia Sousa, 2010).

Em Julho de 2010, decorreu pela primeira vez o festival de Verão “*Super Bock Super Rock*” no Meco (Herdade do Cabeço da Flauta) atraindo, segundo dados da organização do evento fornecidos ao

jornal *Correio da Manhã* (Castro, 2010, Julho 20), cerca de 78 mil pessoas durante os três dias do festival. Durante este evento ocorreu uma festa na praia e todos os dias um autocarro transportava as pessoas do recinto do festival para a praia, de 30 em 30 minutos, com paragem no estacionamento no topo da duna (referido anteriormente).

O cordão litoral beneficia de uma protecção pouco eficaz no controlo de determinadas actividades recreativas, nomeadamente, condução desportiva de veículos todo-o-terreno (jipes e motos 4), BTT ou campismo selvagem, actividades estas que, apesar de proibidas, são praticadas durante todo o ano, gerando um significativo impacte na vegetação. As pessoas não se limitam a usar apenas os trilhos já existentes, em vez disso, acabam também por circular sobre a vegetação, conduzindo à abertura de novos trilhos. Da mesma forma, as actividades de limpeza da areia da praia com o auxílio de maquinaria pesada, que se realizam periodicamente, contribuem para a degradação e eliminação da vegetação (Figura 3.13).



**Figura 3.13 - Factores de degradação do sistema dunar da área de estudo: a) Tractor de limpeza da areia; b) Marca de pneu sobre a duna embrionária; c) Jipe sobre o sistema dunar; d) Campismo selvagem (Fotografias: Cátia Sousa, 2010).**

Outro factor de perturbação consistiu na empreitada de construção do emissário final da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Lagoa/Meco, cujos trabalhos se iniciaram em Fevereiro de 2010 e terminaram em Agosto do ano corrente. Como se pode observar na Figura 3.14, as obras

ocorreram sobre a duna embrionária, acabando por destruir toda a vegetação aí existente. Para além disso, a movimentação de maquinaria pesada das obras, constituiu mais um factor de degradação do sistema.



**Figura 3.14 - Empreitada de construção do emissário final da ETAR de Lagoa/Meco sobre a duna embrionária do sistema dunar da Praia do Meco (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).**

### **3.2. Metodologia**

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica. Pesquisou-se dissertações, livros, páginas electrónicas, diversos artigos científicos, visando um maior conhecimento da temática em estudo, de todas as dinâmicas e processos envolvidos, assim como o aprofundamento das metodologias utilizadas para determinação da vulnerabilidade de sistemas dunares.

O trabalho de campo foi efectuado entre Junho e Julho de 2010, tendo-se estabelecido ao longo do cordão dunar 7 transectos perpendiculares à linha de costa (direcção aproximadamente Oeste-Este) com um espaçamento de 30 m. A dimensão dos transectos foi definida desde o ponto onde se encontrou a primeira espécie do cordão dunar até ao limite do pinhal. Para marcar os transectos recorreu-se a uma fita métrica, a qual foi posicionada no terreno com o auxílio de uma bússola. Ao longo de cada transecto, de 2 em 2 m, foi posicionada perpendicularmente ao transecto uma régua de 2 m (a régua e a fita métrica interceptam-se no 1 m da régua). Foram identificadas e contabilizadas todas as plantas que tocavam a régua nos pontos estabelecidos em cada 10 cm (Figuras 3.15 e 3.16). Para identificação das espécies recorreu-se à Nova Flora de Portugal (Franco, 1971, 1984) e à Flora Vasculare de Andalúcia Occidental (Valdés *et al.*, 1987a, 1987b, 1987c).

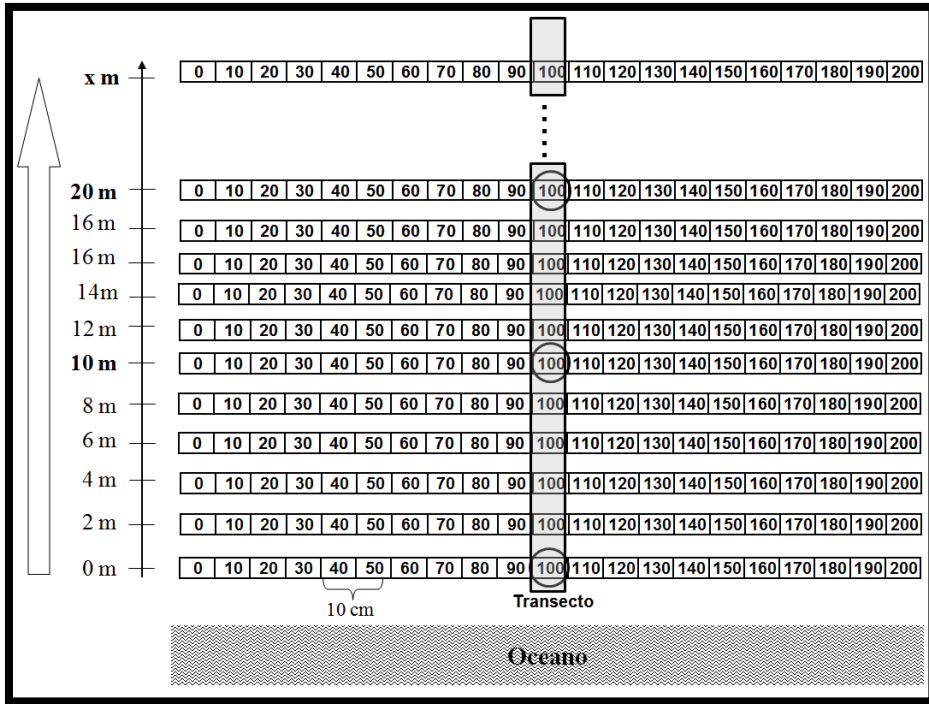


Figura 3.15 - Esquema metodológico.

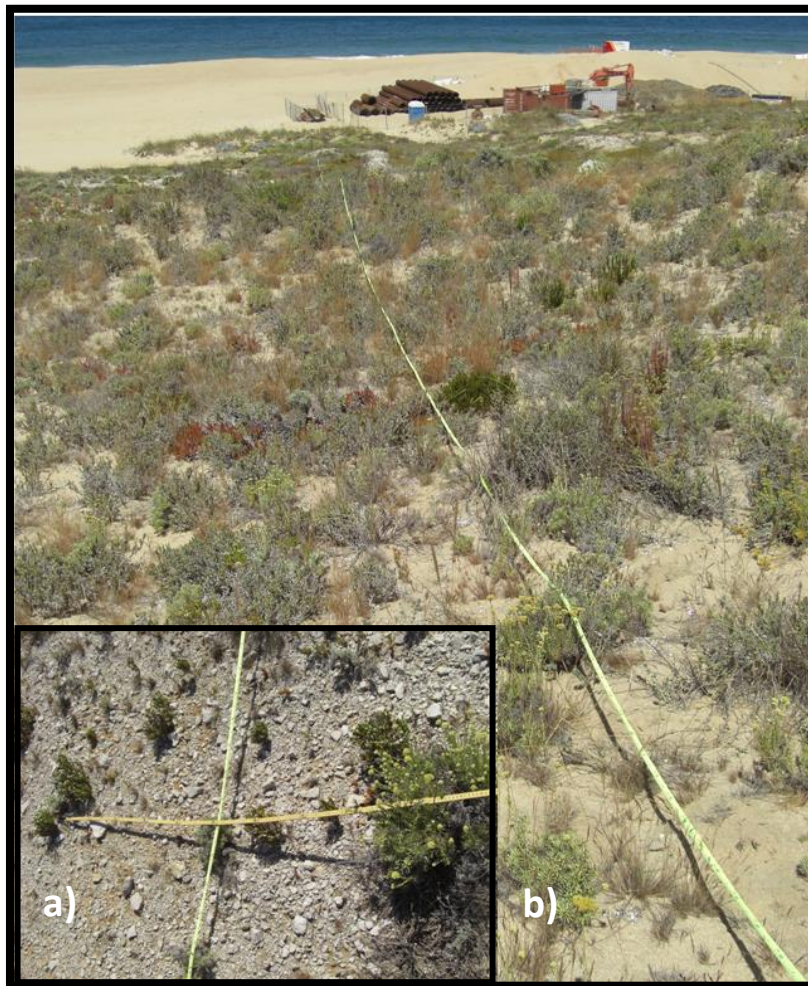
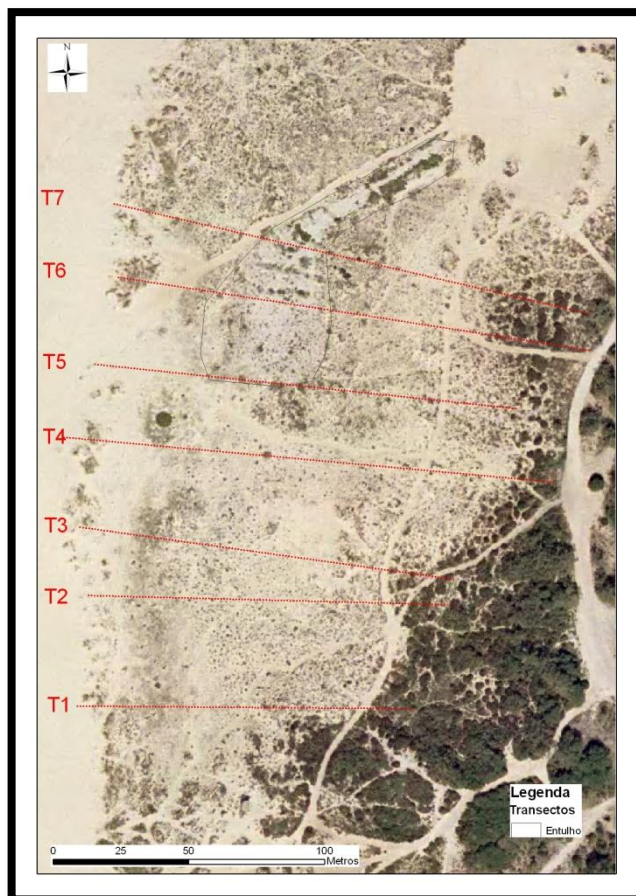


Figura 3.16 – Exemplo da realização de um transecto: a) Colocação da régua perpendicularmente ao transecto; b) Posicionamento do transecto perpendicularmente à linha de costa (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).

Através da utilização de um Sistema de Posicionamento Global (GPS) todos os transectos foram georreferenciados, o que permitiu traçar os transectos efectuados através do ArcGis, *software* de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), como se pode observar na Figura 3.17.



**Figura 3.17 – Transectos efectuados na área de estudo.**

Com base nos dados obtidos no campo, determinou-se para cada transecto a riqueza total (número de espécies), a dimensão do cordão dunar (desde o ponto onde foi encontrada a primeira espécie até ao limite do pinhal), a cobertura vegetal total e a riqueza e cobertura para as categorias de espécies sinantrópica e natural e para cada um dos 3 grupos funcionais de García-Mora *et al.* (1999). Como algumas das espécies amostradas não constam no estudo referido e, portanto, não foram classificadas como pertencendo a um dos grupos funcionais, foi-lhes atribuído um grupo funcional pelo autor desta dissertação, em função das principais características apresentadas no estudo de García-Mora *et al.* (1999) para cada um dos grupos funcionais.

O grau de cobertura total da vegetação foi determinado para cada transecto, contabilizando o número de pontos em que as plantas interceptavam a régua e dividindo esse valor pelo número total

de pontos contabilizados em cada transecto (somatório dos pontos interceptados por vegetação e dos pontos interceptados por areia).

Calculou-se a cobertura específica para cada espécie no total e por transecto (Anexo III) e, com o auxílio do ArcGis, efectuaram-se mapas com a sua abundância e distribuição na área de estudo.

Através do Modelo Digital do Terreno da Praia do Meco foi possível analisar a variação de altitude na área de estudo.

Foi calculada a Correlação de Pearson para as variáveis dimensão do transecto, cobertura vegetal total, riqueza de espécies por transecto, riqueza de espécies naturais e sinantrópicas e riqueza e, respectiva, cobertura de espécies pertencentes a cada um dos 3 grupos funcionais de García-Mora *et al.* (1999).

De seguida, aplicou-se o método da lista de controlo (*checklist*), proposto por Laranjeira (1997). Este método, ferramenta útil para diagnosticar e monitorizar os sistemas dunares, consiste na listagem de um conjunto de variáveis, divididas por secções, que são, caso a caso e individualmente, identificadas, caracterizadas e ordenadas em relação a uma escala pré-definida. Ao procurar avaliar a vulnerabilidade biofísica dos sistemas dunares litorais, é possível listar uma série de problemas gerais que promovem essa vulnerabilidade. A forma como cada problema se manifesta e concorre para a vulnerabilidade dos sistemas dunares é avaliada através da atribuição de um nível de vulnerabilidade biofísica pré-estabelecido (Tabela 3.1), assumindo-se que diferentes níveis de vulnerabilidade biofísica correspondem necessariamente a diferenças da capacidade de resiliência dos sistemas biofísicos.

**Tabela 3.1 – Níveis de vulnerabilidade dunar definidos na lista de controlo (Pereira *et al.*, 2000 in Ferreira e Laranjeira, 2000)**

Níveis de Vulnerabilidade	Definição
<b>Nível 0</b> – Sensibilidade baixa e limiar de resiliência não ultrapassado	O grau de transformação da duna não põe em risco a sua autorregulação; uma maior pressão do uso só poderá ser ultrapassada com medidas gerais de ordenamento e gestão
<b>Nível 1</b> – Sensibilidade variável e sobre o limiar de resiliência	Sinais de degradação localizada que ainda não coloca em risco a autorregulação da duna; restrição parcial a uma maior pressão do uso, podendo ser necessárias medidas específicas de ordenamento e gestão
<b>Nível 2</b> – Sensibilidade elevada e limiar de resiliência ultrapassado	Degradação severa e generalizada, sem sinais de autorregulação da duna; total restrição a uma maior pressão do uso e necessidade de medidas específicas e restritivas de ordenamento e gestão

A lista de controlo encontra-se dividida em cinco secções (Anexo I), baseando-se na avaliação do (1) estado de erosão das dunas, do (2) estado de alimentação em areia do sistema dunar, do (3) estado de fixação das areias pela vegetação dunar, do (4) estado de degradação associado à utilização das dunas e do (5) estado de conservação do sistema dunar. Existem ainda mais duas secções suplementares A e B, que correspondem ao uso do solo marginal ao sistema dunar e atractividade turística do sistema dunar, respectivamente. Para caracterizar cada um dos descritores da vulnerabilidade, foram seleccionadas variáveis que descrevem sinais observáveis de degradação e de regeneração do sistema, além do tipo e modo de implementação das medidas de conservação dunar (Tabela 3.2).

**Tabela 3.2 – Variáveis de cada descritor da vulnerabilidade dos sistemas dunares litorais (Adaptado de Laranjeira, 1997).**

Descritor	Variáveis
Estado de Erosão	Existência de arriba, galgamentos oceânicos, brechas, <i>blowouts</i> ; areia soprada para o interior a partir do sistema dunar
Estado de Alimentação em Areia	Existência de dunas recentes ou embrionárias; colmatação de brechas, de <i>blowouts</i> e de galgamentos oceânicos
Estado de Fixação das Areias pela Vegetação	Superfície do sistema dunar não vegetada; superfície da frente dunar vegetada; estado de danificação das plantas
Estado de Degradação Associado à Utilização	Degradação associada a caminhos, viaturas, equitação, campismo, construção, extracção de areias, campos desportivos, actividades ligadas à pesca
Estado de Conservação	Ordenamento dos caminhos; armadilhas de areia; plantação; painéis; acesso limitado; vigilância e controlo dos diversos tipos de uso; alimentação da praia e/ou duna; obras costeiras
Uso do solo marginal (Descritor suplementar A)	Existência de mato, área florestada, área agricultada, área urbana dispersa ou consolidada, vias de comunicação, campos desportivos, campismo
Atractividade turística do sistema dunar (Descritor suplementar B)	Alojamento na área enquadrante; acessibilidade e estacionamento; existência de espaços de lazer; nível de desenvolvimento da actividade balnear

A avaliação de cada um destes descritores referidos permite obter informação específica sobre o grau de transformação do sistema dunar ou sobre a sua capacidade de se auto-regenerar. Cada variável foi caracterizada em função da percentagem da área do sistema dunar que afecta, sendo-lhe atribuído um nível de vulnerabilidade. Assim, para cada secção da lista de controlo, incluindo as secções suplementares A e B, calculou-se o valor percentual correspondente em relação ao total que se obteria com a valoração máxima (grau de vulnerabilidade máxima) do conjunto respectivo de variáveis. Adicionalmente, calculou-se a média dos valores percentuais relativos às secções 1 a 5 da

lista de controlo, a fim de se obter o grau de vulnerabilidade médio do sistema dunar litoral. Os resultados obtidos para estes valores percentuais encontram-se no Anexo II e foram utilizados para construir o diagrama ilustrado na Figura 4.24.

## CAPÍTULO 4 – RESULTADOS

Na Tabela 4.1 são apresentadas para as espécies amostradas na área de estudo a família a que pertencem, o grau de naturalidade (sinantrópica ou natural) e o tipo funcional em que se inserem de acordo com o estudo de García-Mora *et al.* (1999).

Tabela 4.1 – Lista e caracterização das espécies amostradas.

Espécie	Família	Sinantrópica (S)/Natural (N)	Grupo Funcional
<i>Ammophila arenaria</i>	Poaceae	N	III
<i>Anchusa calcarea</i>	Boraginaceae	N	II*
<i>Armeria pungens</i>	Plumbaginaceae	N	II
<i>Artemisia crithmifolia</i>	Compositae	N	II
<i>Cakile maritima</i>	Cruciferae	N	III
<i>Calystegia soldanella</i>	Convolvulaceae	N	III
<i>Carpobrotus edulis</i>	Aizoaceae	S	II
<i>Cistus salvifolius</i>	Cistaceae	N	II*
Composta não identificada	Compositae		I*
<i>Corema album</i>	Ericaceae	N	II*
<i>Corynephorus canescens</i>	Poaceae	N	II**
<i>Crithmum maritimum</i>	Umbelliferae	N	III*
<i>Crucianella maritima</i>	Rubiaceae	N	II
<i>Cyperus capitatus</i>	Cyperaceae	N	III
<i>Daphne gnidium</i>	Thymelaeceae	N	II**
<i>Elymus farctus</i>	Poaceae	N	III
<i>Eryngium maritimum</i>	Umbelliferae	N	III
<i>Euphorbia paralias</i>	Euphorbiaceae	N	III
Gramínea não identificada	Poaceae		I*
<i>Helichrysum italicum</i>	Compositae	N	II

\*Espécies cuja classificação do grupo funcional foi atribuída pelo autor desta dissertação.

\*\*Espécies cuja classificação do grupo funcional foi atribuída segundo Silva *et al.* (2004).

**Tabela 4.1 (continuação) – Lista e caracterização das espécies amostradas.**

<b>Espécie</b>	<b>Família</b>	<b>Sinantrópica (S)/Natural (N)</b>	<b>Grupo Funcional</b>
<i>Herniaria maritima</i>	Caryophyllaceae	N	II*
<i>Juniperus turbinata</i>	Cupressaceae	N	II*
<i>Lagurus ovatus</i>	Poaceae	S	I
<i>Linaria lamarckii</i>	Scrophulariaceae	N	II
<i>Lotus creticus</i>	Leguminosae	N	II
<i>Malcolmia littorea</i>	Cruciferae	N	II
<i>Medicago marina</i>	Leguminosae	N	III
<i>Ononis ramosissima</i>	Leguminosae	N	II*
<i>Pancratium maritimum</i>	Amaryllidaceae	N	III
<i>Pimpinella villosa</i>	Umbelliferae	N	II*
<i>Pinus pinaster</i>	Pinaceae	N	II*
<i>Plantago coronopus</i>	Plantaginaceae	N	I
<i>Polycarpon tetraphyllum</i>	Caryophyllaceae	S	I**
<i>Rubia peregrina</i>	Rubiaceae	S	II**
<i>Sedum sediforme</i>	Crassulaceae	N	II**
<i>Silene littorea</i>	Caryophyllaceae	N	II**
<i>Thymus carnosus</i>	Labiatae	N	II
<i>Ulex sp.</i>	Leguminosae	N	II*

\*Espécies cuja classificação do grupo funcional foi atribuída pelo autor desta dissertação.

\*\*Espécies cuja classificação do grupo funcional foi atribuída segundo Silva *et al.* (2004).

Nas Figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9 apresentam-se os gráficos que representam a variação dos diferentes parâmetros estudados em relação aos sete transectos efectuados para este estudo.

A dimensão dos transectos, desde o ponto onde foi encontrada a primeira espécie do cordão dunar até ao limite do pinhal, varia entre 128 m para o transecto 1 (a zona de pinhal encontra-se mais próxima do mar) e 184 m para os transectos 4 e 7 (Figura 4.1). O comprimento médio dos transectos é de 163 m.

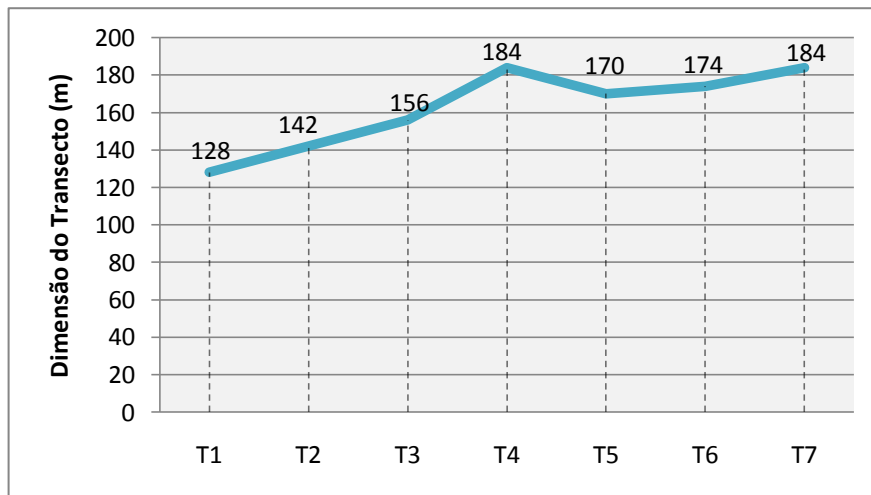


Figura 4.1 - Dimensão dos transectos efectuados na área de estudo.

A cobertura vegetal total varia entre 65,7% e 85,2% (Figura 4.2). Este parâmetro toma o valor mais elevado para o transecto 2, uma vez que não atravessa tantos caminhos de areia como os restantes. É de salientar que os transectos 5 e 6 cruzam uma zona onde ocorreu, em tempos, uma deposição de pedras de natureza calcária (entulho), contribuindo para a redução da cobertura vegetal total destes transectos. Apesar de também atravessar esta zona de deposição de entulho, o transecto 7 apresenta uma maior cobertura vegetal total, uma vez que apanha uma menor área desta zona e a cobertura de areia é inferior.

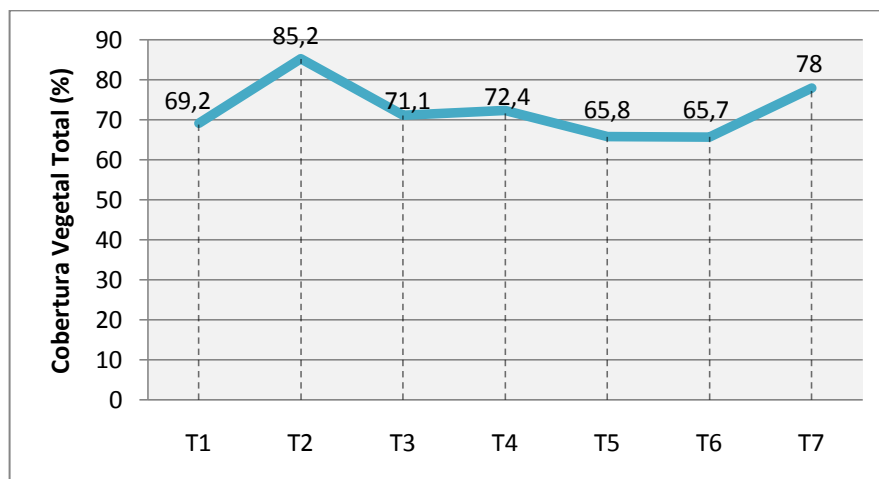


Figura 4.2 - Cobertura vegetal total para cada transecto efectuado na área de estudo.

A razão entre a percentagem de cobertura vegetal total e a percentagem de cobertura de areia varia entre 1,9 e 5,8 (Figura 4.3). O valor mais elevado corresponde ao transecto 2, que possui uma elevada cobertura vegetal total para uma cobertura de areia muito reduzida, uma vez que, como referido anteriormente, este transecto cruza muito poucos caminhos de areia. Os transectos 5 e 6

reflectem um aumento da cobertura de areia, devido ao facto de transporem a zona da deposição do entulho e uma zona (no início do transecto) praticamente sem coberto vegetal.

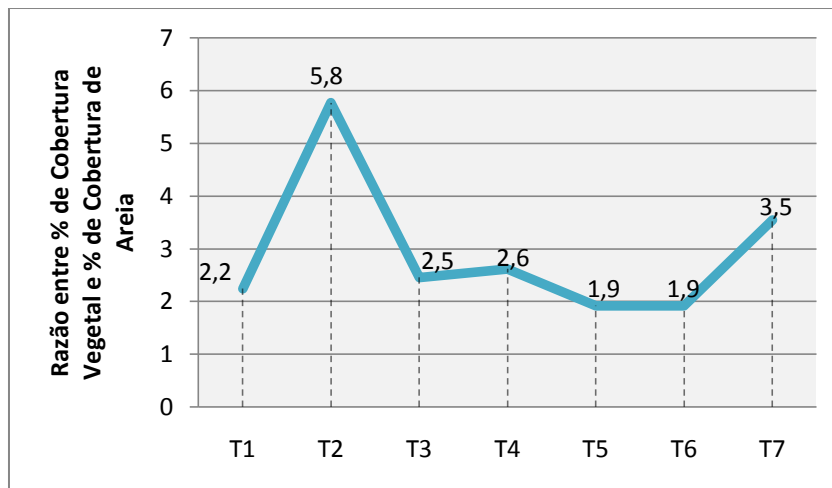


Figura 4.3 - Razão entre a percentagem de cobertura vegetal total e percentagem de cobertura de areia para cada transecto efectuado na área de estudo.

A Figura 4.4 corresponde a um caminho aberto no sistema dunar antes e depois da época balnear de 2010. Na Figura 4.4 a) são visíveis diversas plantas de diferentes espécies que germinaram no caminho, espécies essas que passados quatro meses, foram eliminadas devido ao pisoteio inerente à afluência de veraneantes (Figura 4.4 b)). Nesta última figura é possível observar marcas de pegadas e de um pneu (possivelmente de uma bicicleta), comprovando o acentuado impacto que o pisoteio causa na vegetação. O pisoteio (pedonal e/ou motorizado) com elevada frequência conduz à destruição da vegetação, não conferindo o tempo necessário para que o sistema dunar regenere de maneira a colmatar com uma nova geração de vegetação os caminhos existentes.

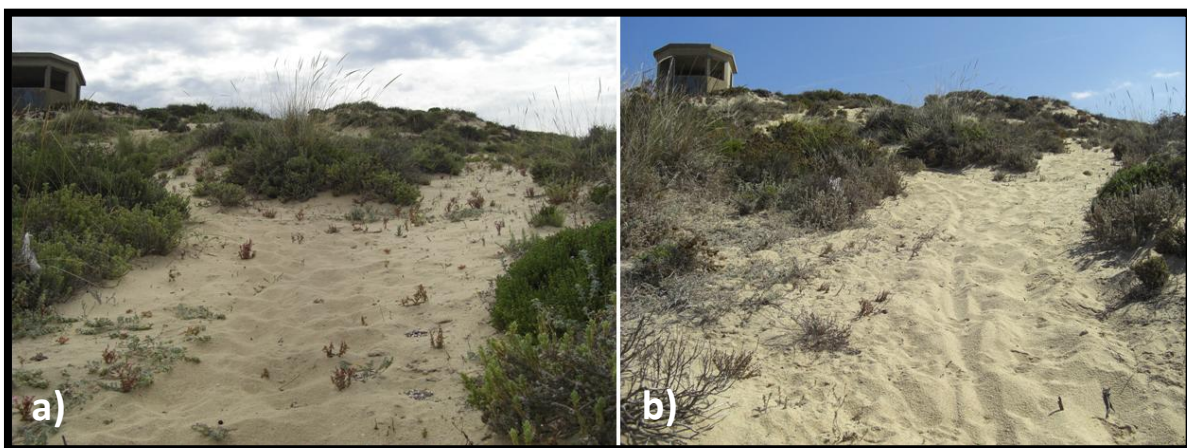


Figura 4.4 - Efeito provocado pelo pisoteio num caminho aberto após a época balnear: a) Caminho antes da época balnear - Maio 2010; Caminho depois da época balnear - Setembro 2010 (Fotografias: Cátia Sousa, 2010).

O número total de espécies varia entre 19 e 31 espécies (Figura 4.5). O transecto 7 é aquele que possui um maior número de espécies, correspondendo ao transecto de maior dimensão. Os maiores transectos encontram-se, geralmente, associados a uma maior riqueza de espécies. No entanto, o transecto 4 não apresenta um número tão elevado de espécies, apesar de possuir a mesma dimensão do que o transecto 7, o que possivelmente se deve ao facto da cobertura vegetal total do transecto 4 ser inferior à do transecto 7. A riqueza média é de 25 espécies por transecto.

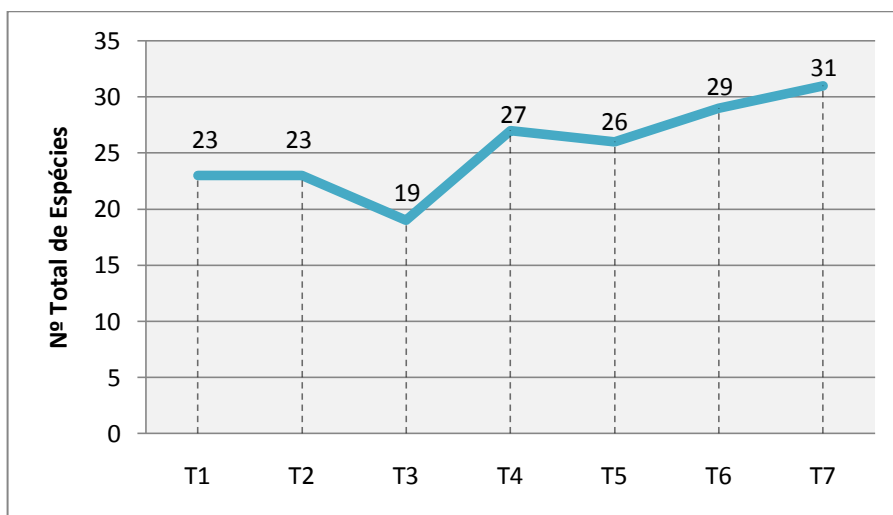


Figura 4.5 - Número total de espécies para cada transecto efectuado na área de estudo.

Na Figura 4.6 apresenta-se o número de espécies naturais e sinantrópicas para cada transecto, verificando-se que as espécies naturais predominam na área de estudo, enquanto que as espécies sinantrópicas se encontram em baixo número. A soma das espécies naturais com as sinantrópicas não corresponde ao valor do número total de espécies, uma vez que existem duas espécies não identificadas (gramínea e composta), desconhecendo-se o seu grau de naturalidade. Aos transectos 5, 6 e 7 corresponde um valor ligeiramente mais elevado do número de espécies sinantrópicas, o que poderá ser explicado pela existência de um maior número de caminhos e ainda pelo facto destes transectos cruzarem a zona da deposição do entulho que levaram à alteração do coberto vegetal típico destes sistemas.

É de salientar que a espécie *Carpobrotus edulis* é a espécie sinantrópica mais abundante na área de estudo, possuindo uma percentagem de cobertura específica de 4,1% (Anexo III) no total de todos os transectos.

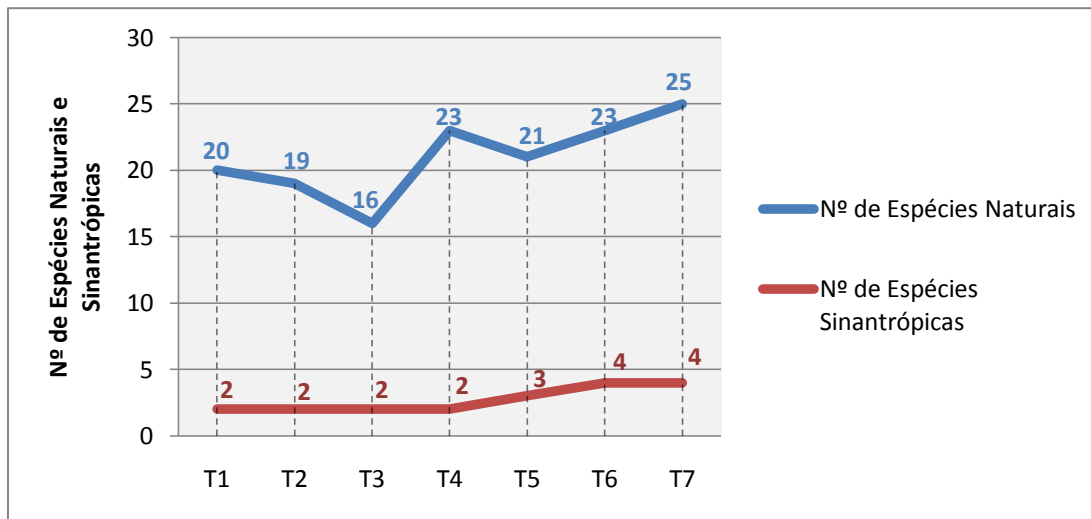


Figura 4.6 - Número de espécies naturais e sinantrópicas para cada transecto efectuado na área de estudo.

Na Figura 4.7 apresenta-se o número total de espécies para cada um dos 3 grupos funcionais por transecto, verificando-se que as espécies de tipo II predominam, enquanto que as espécies de tipo I se encontram em minoria. O número de espécies do tipo II varia entre 12 e 21 espécies, correspondendo o valor mais elevado ao transecto 7, enquanto que o número de espécies dos tipos I e III se mantêm relativamente homogéneos para todos os transectos.

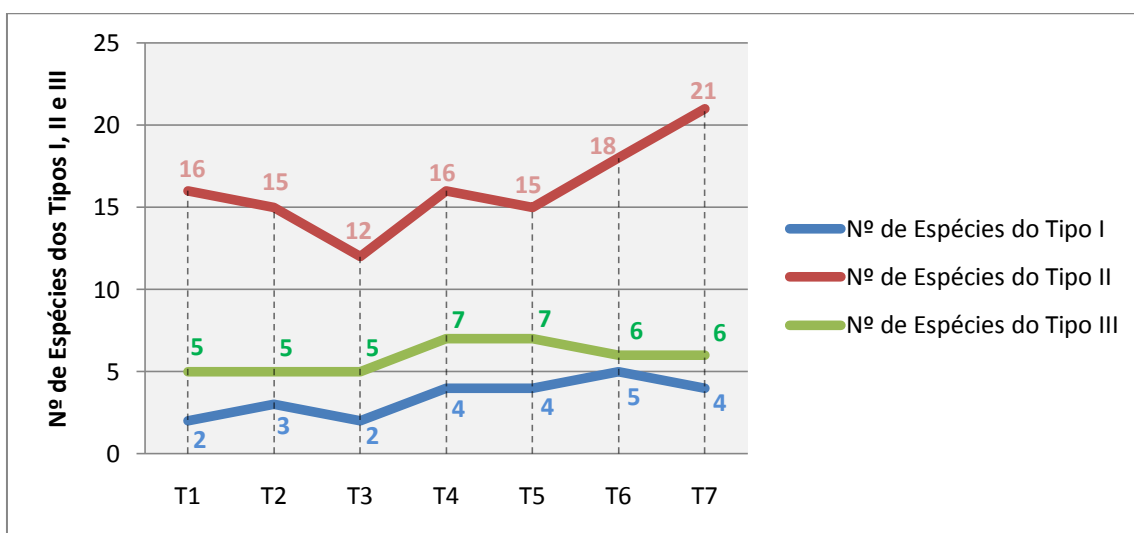


Figura 4.7 - Número de espécies dos tipos I, II e III para cada transecto efectuado na área de estudo.

As espécies de tipo I apresentam uma baixa cobertura específica (Figura 4.8), com excepção do transecto 5, em que se verificou uma elevada cobertura de *Polycarpon tetraphyllum* e de gramíneas não identificadas, facto que contribuiu para o aumento da cobertura vegetal de espécies de plantas deste tipo neste transecto. A cobertura das espécies de tipos II e III é bastante variável por transecto,

verificando-se que as espécies de tipo III são, de forma geral, menos abundantes do que as espécies de tipo II. No entanto, a espécie *Medicago marina*, pertencente ao tipo III, demonstrou ser a espécie mais abundante na área de estudo, com uma percentagem de cobertura específica total de 25,1% (Anexo III). Esta espécie é responsável pelo aumento da cobertura vegetal das plantas de tipo III no transecto 2, no qual atinge o seu máximo de cobertura, sendo menor o seu grau de cobertura nos transectos 5, 6 e 7, que cruzaram a zona de deposição das pedras de natureza calcária. Nestes três transectos ocorre um grande aumento da percentagem de cobertura das espécies *Corynephorus canescens* (1,9%, 11,3% e 6,2%, respectivamente), *Crucianella maritima* (8,8%, 9,9% e 19,9%, respectivamente) e *Sedum sediforme* (5,7%, 2,5% e 6,3%, respectivamente), todas do tipo II (Anexo III). A espécie invasora *Carpobrotus edulis* também contribui para o aumento da cobertura vegetal das plantas de tipo II, uma vez que é muito abundante nestes três transectos.

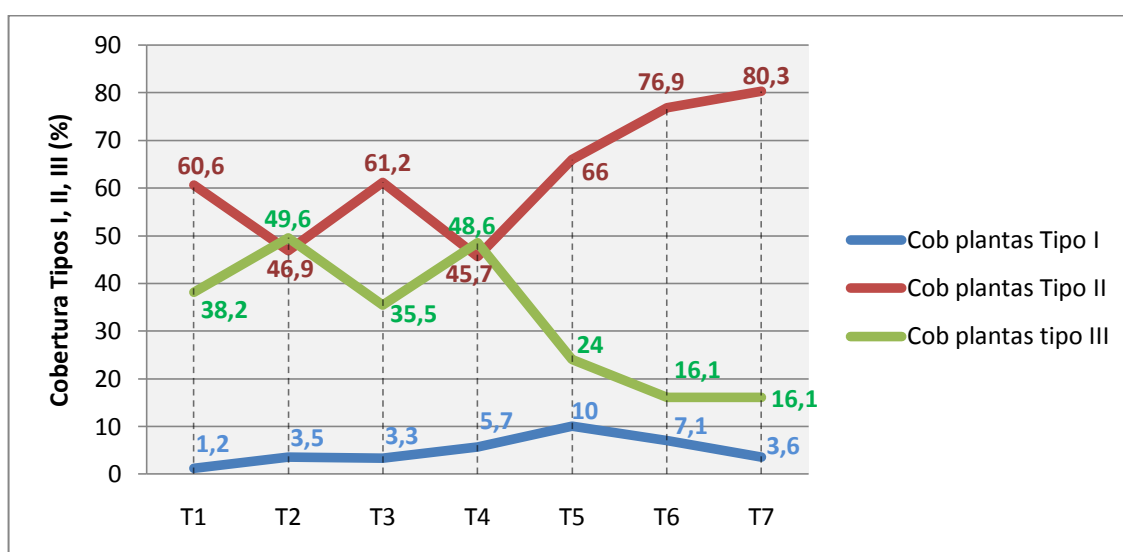


Figura 4.8 - Cobertura vegetal para os tipos I, II e III para cada transecto efectuado na área de estudo.

O grau de cobertura de *Ammophila arenaria* varia entre 1% e 5,1% e o de *Elymus farctus* entre 0% e 4% (Figura 4.9). Esta última espécie é mais abundante no transecto 4, porém nos restantes transectos apresenta valores de cobertura muito baixos, próximos de zero. Globalmente, a espécie *Ammophila arenaria* apresenta uma cobertura total de 3,5%, enquanto que a cobertura total da espécie *Elymus farctus* é bastante baixa, atingindo um valor de 0,9% (Anexo III). Assim, verifica-se que estas espécies estruturantes das primeiras faixas do sistema dunar apresentam um grau de cobertura muito baixo na área de estudo.

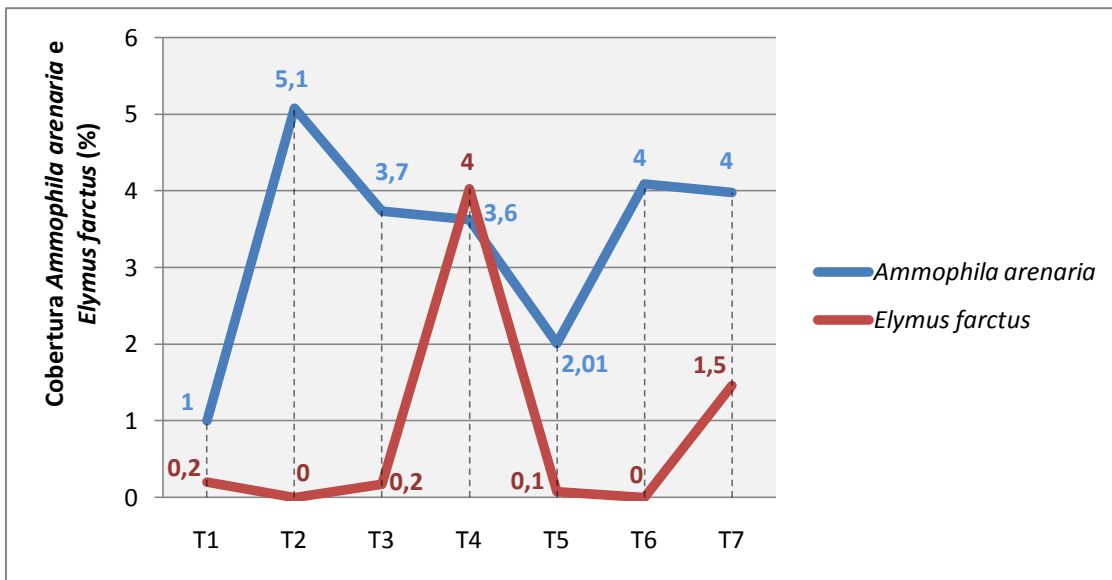


Figura 4.9 - Cobertura de *Ammophila arenaria* e *Elymus farctus* para cada transecto efectuado na área de estudo.

Nas seguintes Figuras (4.10 a 4.23) apresenta-se a distribuição e a abundância de algumas das espécies amostradas na área de estudo ao longo dos 7 transectos. Quanto maior o círculo, maior a abundância dessa espécie naquele determinado ponto do transecto.

Segundo a análise das Figuras 4.10 e 4.11, verifica-se que a espécie *Ammophila arenaria* surge distribuída um pouco por todo o sistema dunar, ao invés de aparecer apenas na duna primária, como seria de esperar. Esta espécie aparece em maior abundância na duna frontal e em zonas onde o substrato é instável, como perto de caminhos abertos pelo pisoteio. A gramínea *Elymus farctus* apresenta uma reduzida abundância, surgindo apenas em alguns pontos das dunas embrionária e primária. A sua ocorrência foi registada em grande abundância na duna secundária, no transecto 4, próxima de um caminho.

Nas Figuras 4.12 e 4.13 apresentam-se, respectivamente, a distribuição e a abundância das espécies *Carpobrotus edulis* e *Polycarpon tetraphyllum* ao longo dos vários transectos. A espécie *Carpobrotus edulis* surge principalmente nas zonas mais perturbadas do sistema dunar, como ao longo de caminhos, nas dunas embrionárias, na zona de pinhal e na zona de deposição de entulho. A espécie *Polycarpon tetraphyllum*, considerada também como sinantrópica, encontra-se em maior abundância nas dunas embrionárias e primárias.

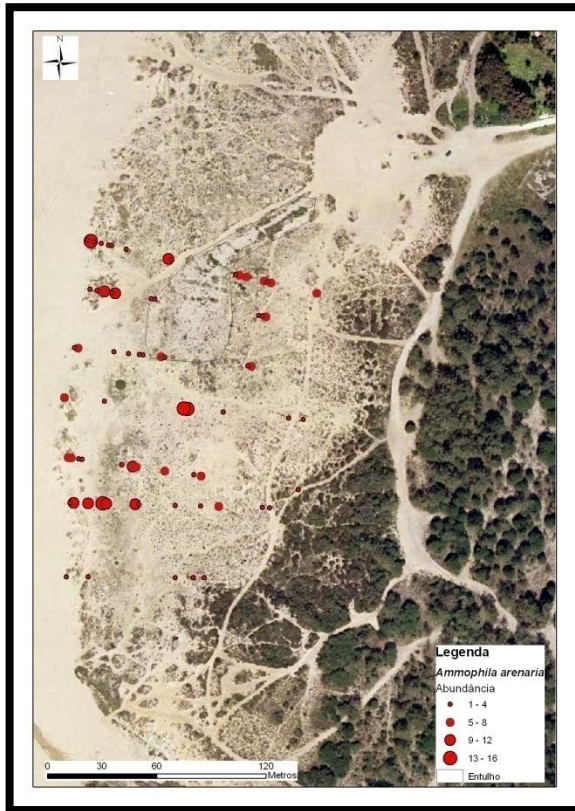


Figura 4.10 - Distribuição e abundância de *Ammophila arenaria* ao longo dos transectos.



Figura 4.11 – Distribuição e abundância de *Elymus farctus* ao longo dos transectos.

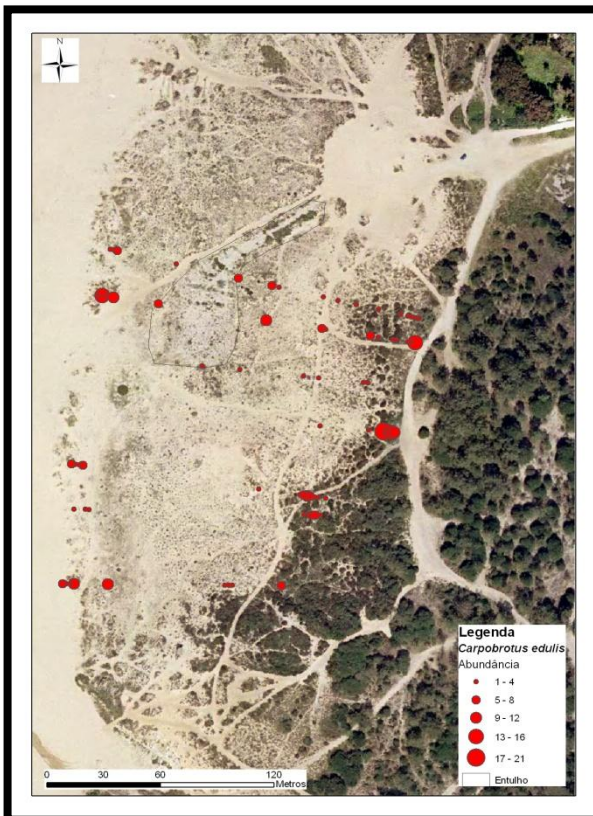


Figura 4.12 - Distribuição e abundância de *Carpobrotus edulis* ao longo dos transectos.

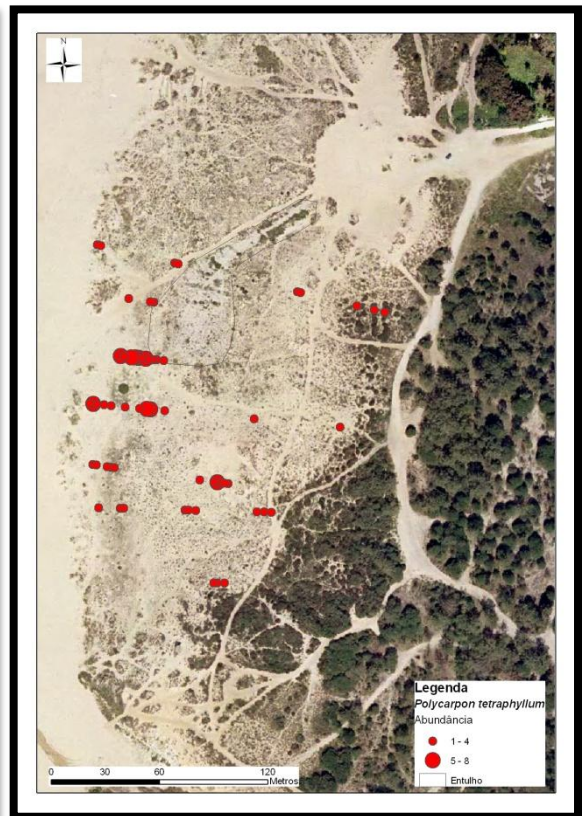


Figura 4.13 - Distribuição e abundância de *Polycarpon tetraphyllum* ao longo dos transectos.

A espécie *Medicago marina* surge ao longo do sistema dunar em grande abundância, no entanto, na zona de deposição do entulho verificou-se uma redução da sua ocorrência (Figura 4.14). De facto, esta espécie tem preferência por substratos instáveis. O mesmo se verifica com a espécie *Crucianella maritima*, também muito abundante na área de estudo, mas que não ocorre com tanta frequência na zona de entulho (Figura 4.15).

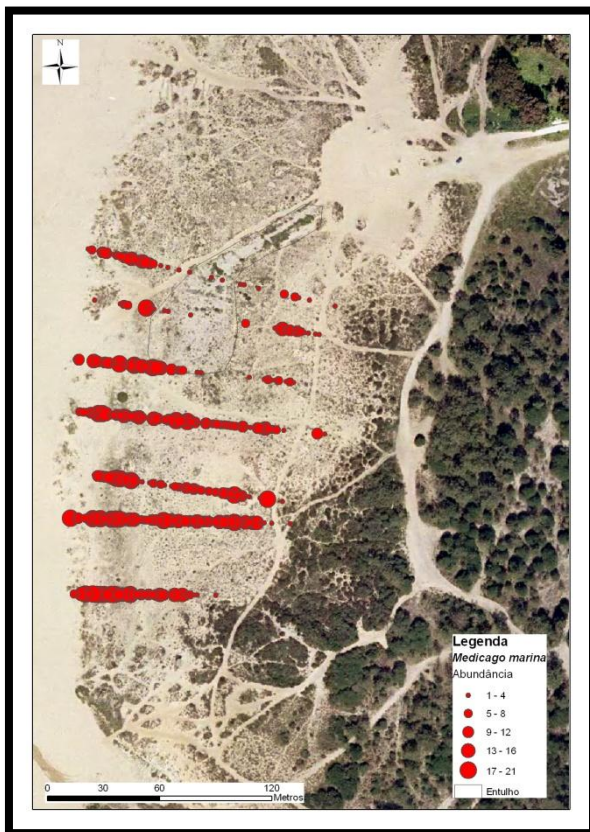


Figura 4.14 - Distribuição e abundância de *Medicago marina* ao longo dos transectos.

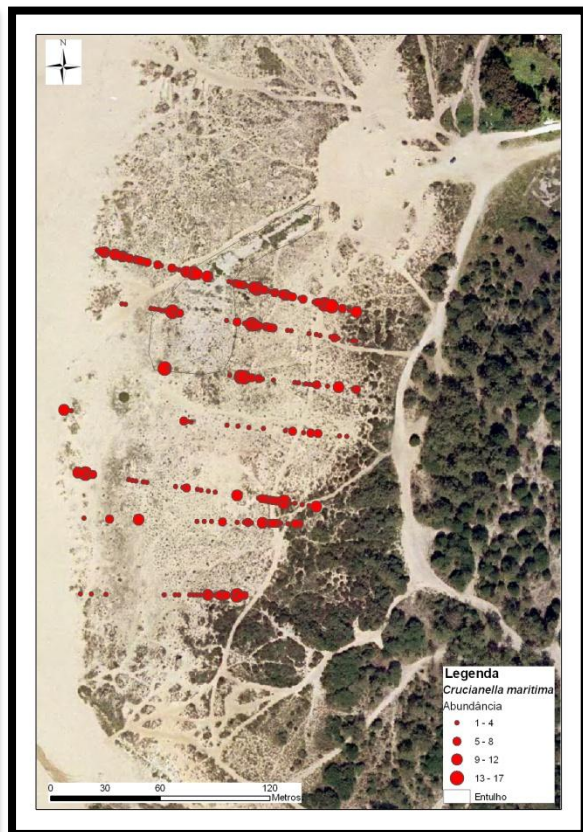


Figura 4.15 - Distribuição e abundância de *Crucianella maritima* ao longo dos transectos.

As espécies *Sedum sediforme*, *Corynephorus canescens*, *Herniaria maritima* e *Crithmum maritimum* surgem em maior abundância e frequência nos últimos três transectos (5, 6 e 7), na zona de deposição do entulho (Figuras 4.16, 4.17, 4.18 e 4.19). Estas espécies naturalmente ocorrem nas dunas mais estabilizadas. As espécies *Herniaria maritima* e *Crithmum maritimum*, com um grau de cobertura muito baixo, parecem ter preferência por substratos rochosos e encontram nesta área de deposição do entulho boas condições.

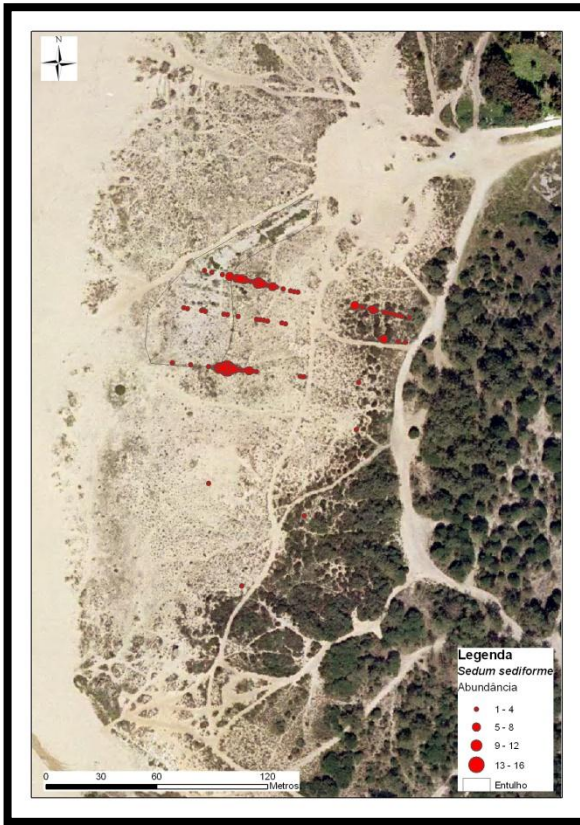


Figura 4.16- Distribuição e abundância de *Sedum sediforme* ao longo dos transectos.

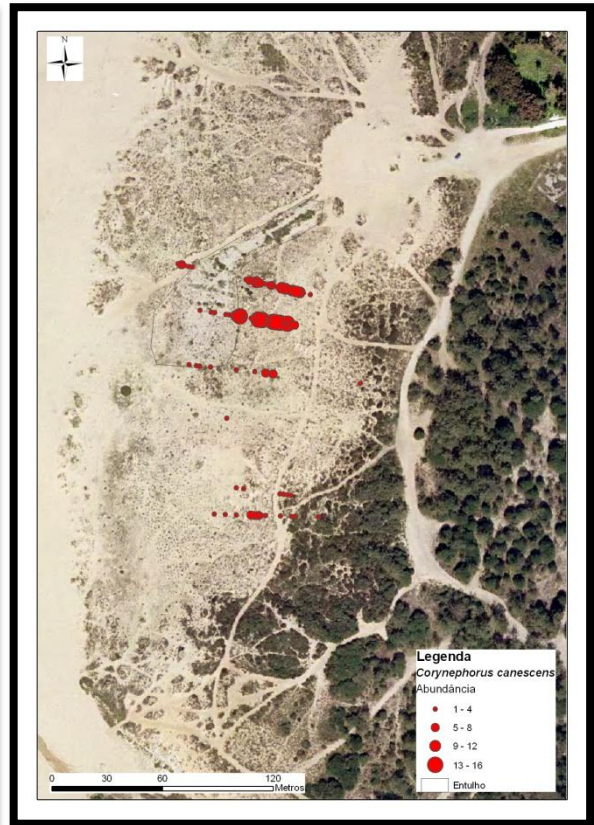


Figura 4.17 - Distribuição e abundância de *Corynephorus canescens* ao longo dos transectos.



Figura 4.18- Distribuição e abundância de *Crithmum maritimum* ao longo dos transectos.

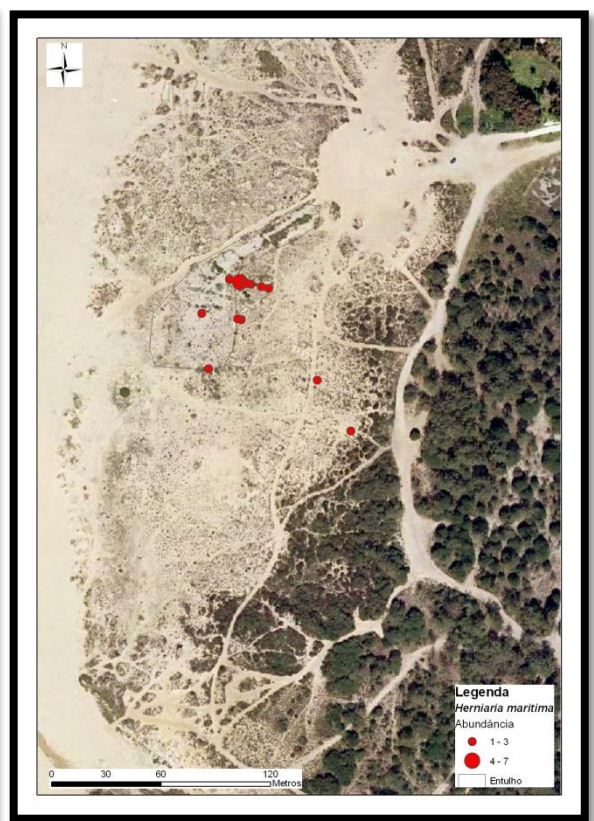


Figura 4.19- Distribuição e abundância de *Herniaria maritima* ao longo dos transectos.

As espécies *Thymus carnosus* e *Helichrysum italicum* encontram-se dispersas, de uma forma geral, por toda a área de estudo (Figuras 4.20 e 4.21), com maior abundância nas dunas interiores. No entanto, também há a ocorrência de alguns indivíduos destas espécies na duna primária, apesar de serem indivíduos de pequeno porte.

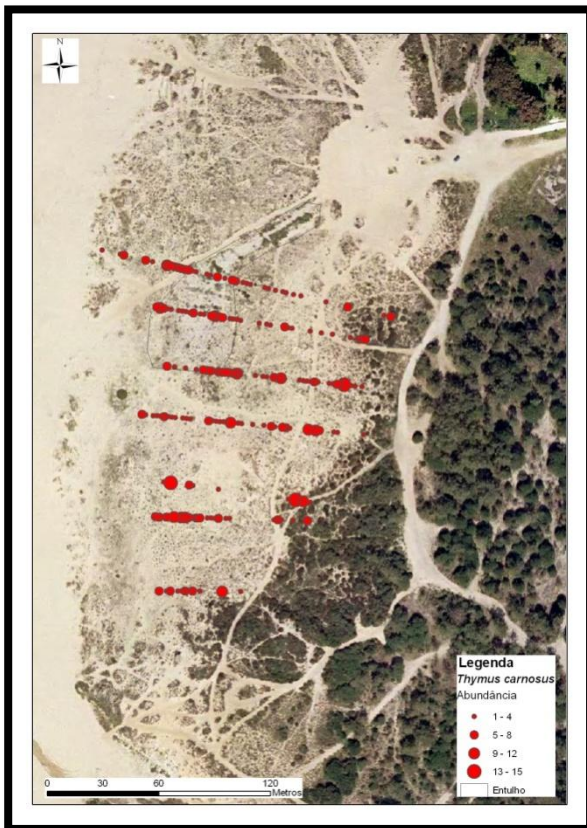


Figura 4.20 - Distribuição e abundância de *Thymus carnosus* ao longo dos transectos.

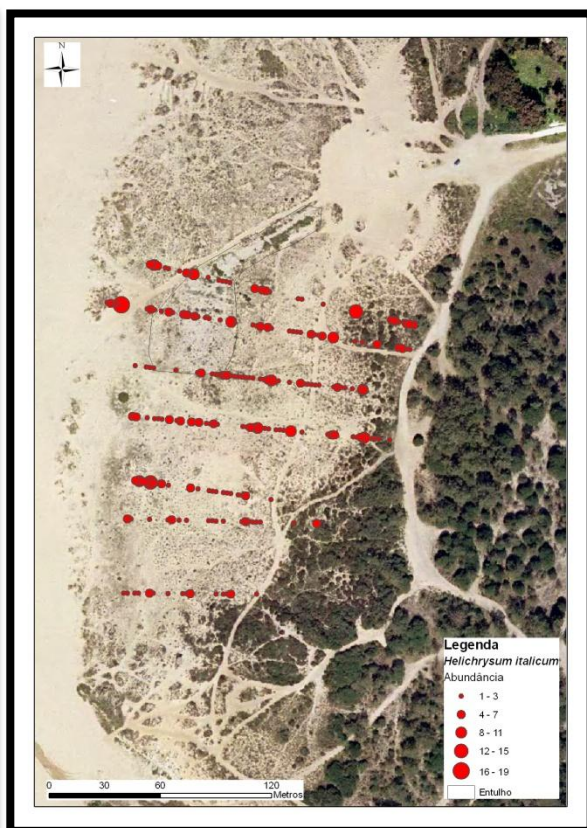


Figura 4.21 - Distribuição e abundância de *Helichrysum italicum* ao longo dos transectos.

As espécies *Corema album* e *Artemisia crithmifolia* encontram-se distribuídas, como seria de esperar, pela duna secundária, onde as areias se encontram mais estabilizadas (Figuras 4.22 e 4.23). No entanto, também nesta zona do sistema dunar ocorrem caminhos, o que facilita o transporte e mobilidade da areia. O indivíduo pertencente à espécie *Artemisia crithmifolia* que surge na duna primária, no transecto 7, é de pequeno porte.

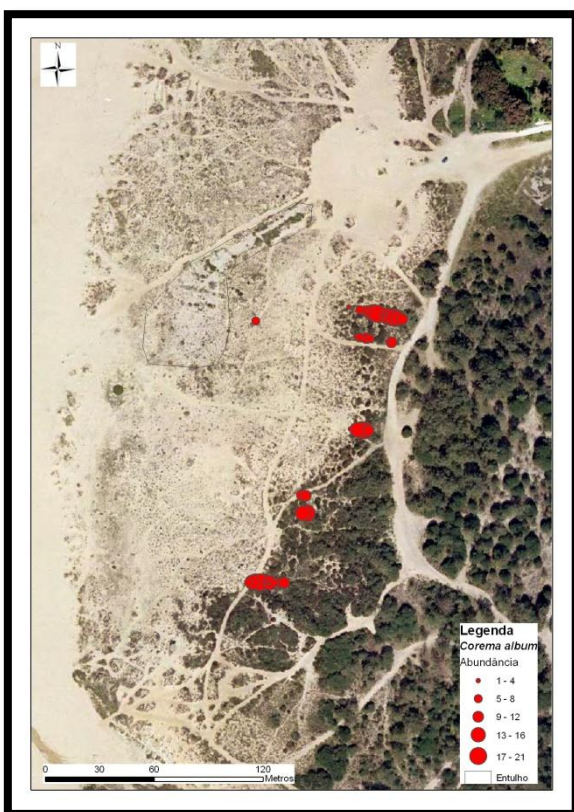


Figura 4.22 - Distribuição e abundância de *Corema album* ao longo dos transectos.

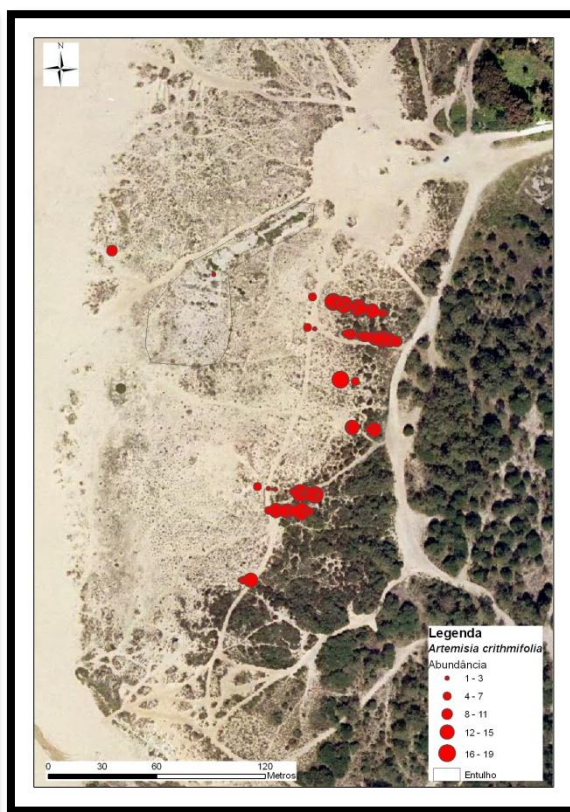


Figura 4.23 - Distribuição e abundância de *Artemisia crithmifolia* ao longo dos transectos.

Na Tabela 4.2 são apresentados os resultados das correlações de Pearson entre os diversos parâmetros estudados anteriormente.

Tabela 4.2 – Valores do coeficiente de correlação de Pearson para os vários parâmetros estudados: Dimensão do Transecto, CVT (Cobertura Vegetal Total), S total (nº de espécies por transecto), S nat (nº de espécies naturais), S sin (nº de espécies sinantrópicas), s Tipo I (nº de espécies do Tipo I), s Tipo II (nº de espécies do Tipo II), s Tipo III (nº de espécies do Tipo III), Cob. Tipo I (cobertura de espécies de Tipo I), Cob. Tipo II (cobertura de espécies de Tipo II), Cob. Tipo III (cobertura de espécies de Tipo III).

	CVT	S total	S nat	S sin	S tipo I	S tipo II	S tipo III	Cob. Tipo I	Cob. Tipo II	Cob. Tipo III
Dimensão do Transecto	0,166 (X)	0,713 (X)	0,673 (X)	0,597 (X)	0,782 (**)	0,471 (X)	0,781 (**)	0,580 (X)	0,353 (X)	0,452 (X)
CVT		0,067 (X)	0,055 (X)	0,229 (X)	0,212 (X)	0,115 (X)	0,392 (X)	0,483 (X)	0,376 (X)	0,454 (X)
S total			0,981 (*)	0,811 (**)	0,855 (**)	0,915 (*)	0,610 (X)	0,380 (X)	0,542 (X)	0,589 (X)
S nat				0,701 (X)	0,784 (**)	0,914 (*)	0,617 (X)	0,287 (X)	0,441 (X)	0,475 (X)
S sin					0,751 (X)	0,770 (**)	0,334 (X)	0,404 (X)	0,891 (*)	0,922 (*)
S tipo I						0,609 (X)	0,723 (X)	0,713 (X)	0,401 (X)	0,525 (X)
S tipo II							0,275 (X)	0,008 (X)	0,604 (X)	0,570 (X)
S tipo III								0,799 (**)	0,076 (X)	0,237 (X)
Cob. Tipo I									0,182 (X)	0,378 (X)
Cob. Tipo II										0,979 (*)

\* - A correlação é significativa para  $P < 0,01$ ;  $N = 7$ ; \*\* - A correlação é significativa para  $P < 0,05$ ;  $N = 7$ ; X - A correlação não é significativa.

É de salientar que dada a pequena amostra de 7 transectos, muitos dos valores do coeficiente de Correlação de Pearson não são significativos, uma vez que amostras pequenas exigem maiores valores absolutos do coeficiente para que a correlação possa ser considerada significativa. Em relação à variável “Dimensão do Transecto”, esta apresenta melhores correlações com a riqueza de espécies do tipo I (“S tipo I”) ( $r=0,782$ ) e com a riqueza de espécies do tipo III (“S tipo III”) ( $r=0,781$ ). Este indicador apresenta-se interessante quanto à avaliação geral da riqueza total de espécies, incluindo o grupo de espécies mais resistentes às pressões de origem marinha e eólica. A Cobertura Vegetal Total (“CVT”) não apresenta correlações significativas com nenhuma das restantes variáveis. A riqueza total de espécies (“S total”) por transecto apresenta melhores correlações com a riqueza de espécies naturais (“S nat”) ( $r=0,981$ ), assim como com a riqueza de espécies do tipo II (“S tipo II”) ( $r=0,915$ ) e com a riqueza de espécies do tipo I, embora seja um pouco mais baixa ( $r=0,855$ ). A riqueza de espécies naturais tem boa correlação com a riqueza de espécies do tipo II ( $r=0,914$ ). E a cobertura de espécies do tipo II apresenta uma boa correlação com a cobertura de espécies de tipo III ( $r=0,979$ ).

Através da aplicação do método da lista de controlo (*checklist*), proposto por Laranjeira (1997), cujos resultados se encontram em anexo (Anexo II), obteve-se a representação gráfica ilustrada na Figura 4.24.

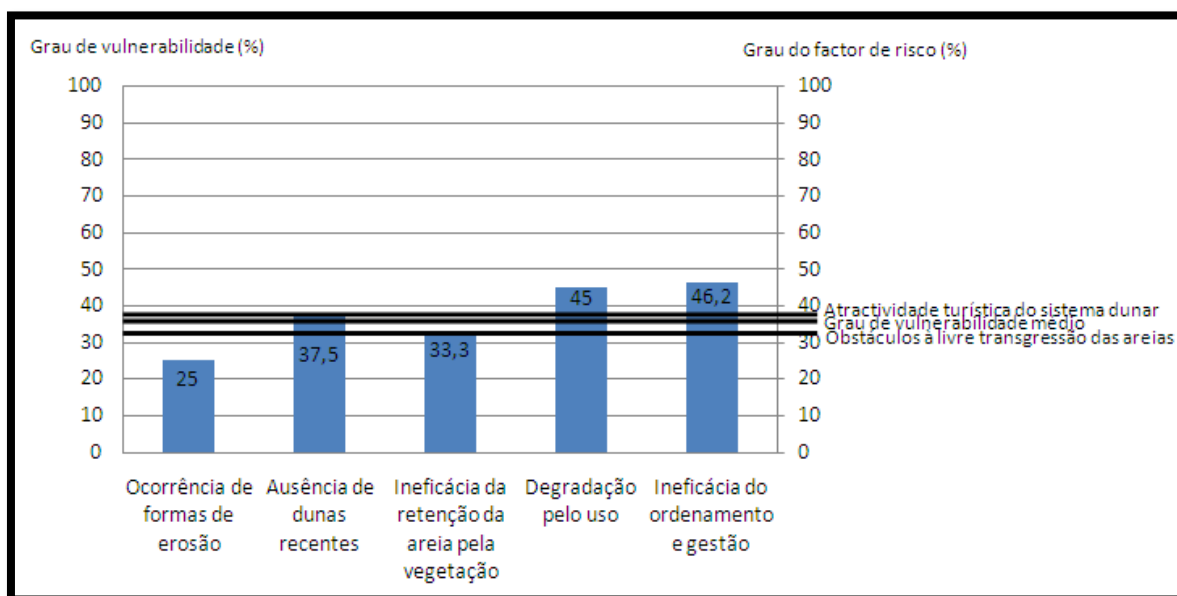


Figura 4.24 – Resultados obtidos na aplicação da lista de controlo ao sistema dunar da Praia do Meco.

Através do gráfico elaborado, é possível avaliar visualmente a importância de cada componente da vulnerabilidade biofísica em relação ao grau de vulnerabilidade médio. Além disso, pode-se apreciar

a relação entre este e os factores de risco associados à vulnerabilidade do sistema dunar litoral – a atractividade turística do sistema dunar e a existência de obstáculos à livre transgressão das areias.

Assim, através da análise da representação gráfica da figura anterior, observa-se que o grau de vulnerabilidade médio do sistema dunar em estudo é de 37,4%. Tal como ilustra a figura, o factor que mais contribui para a vulnerabilidade do sistema dunar é a ineficácia do ordenamento e gestão, o que contribui para a sua degradação. Existe, como já referido anteriormente, uma vasta rede de caminhos não ordenados e uma vigilância deficitária. Apesar de não existirem painéis informativos acerca da importância de conservar a biodiversidade do sistema dunar, ocorrem periodicamente nesta praia acções de formação e actividades que visam sensibilizar os frequentadores da praia. O sistema apresenta uma alimentação em areia relativamente boa (37,5%), ocorrendo a presença de dunas recentes ou embrionárias em mais de 50% da área do sistema dunar. A ocorrência de formas de erosão é baixa (25%). A maior parte da superfície do sistema dunar encontra-se coberta por vegetação, assim como mais de 50% da frente dunar. A vegetação encontra-se no geral em bom estado de conservação, à excepção dos locais onde passam os caminhos.

Considerando um horizonte de 50 anos, registaram-se alguns obstáculos à livre movimentação das areias (33,3%) (Anexo II; secção suplementar A), nomeadamente a vasta área florestada e alguns caminhos florestados e estradas municipais com pouco tráfego estival.

A atractividade turística (Anexo II; secção suplementar B) é relativamente baixa (37,5%). Sendo um meio maioritariamente rural, o alojamento turístico baseia-se no aluguer de casas e quartos individuais, os quais se encontram ainda a uma distância considerável da praia. É uma praia vigiada com estruturas de apoio. O acesso por estrada é razoável e os parques de estacionamento não são pavimentados.

Quando o grau de um ou ambos os factores de risco for superior ao grau de vulnerabilidade médio, assiste-se a uma situação de risco potencial ou efectiva. Deste modo, verifica-se que o sistema dunar em estudo se encontra numa situação de risco, uma vez que o grau da atractividade turística do sistema dunar é superior ao grau de vulnerabilidade médio.



## CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A praia do Meco não tem tanta afluência como outras praias da região, como por exemplo as praias da Costa da Caparica, uma vez que se situa a uma maior distância da capital, donde provém o maior afluxo de veraneantes, e para além disso, os acessos não são os melhores. Não existem actualmente construções sobre o sistema dunar da praia do Meco (à excepção de dois restaurantes), nem obras de engenharia que alterem a morfologia da praia e a deriva litoral. A largura desta praia é bastante significativa com cerca de 100 metros, sendo que o nível de maré alta dificilmente atinge a base da duna frontal, a não ser possivelmente, em marés vivas de equinócio e com a ocorrência de tempestades.

O comprimento médio do cordão dunar da área de estudo é de 163 m, atingindo um valor superior quando comparado com os comprimentos médios da maior parte das praias da Costa da Caparica, situadas um pouco mais a Norte da área de estudo, no arco litoral Caparica - Espichel entre as praias de São João da Caparica e Fonte da Telha, uma vez que segundo o estudo efectuado por Silva *et al.* (2004) estas apresentam comprimentos médios do cordão dunar entre 0 m e 198 m.

A cobertura vegetal total é elevada e relativamente homogénea na área de estudo. Em geral, os maiores transectos correspondem a uma maior riqueza de espécies, sendo a riqueza média na área de estudo de 25 espécies por transecto. No estudo efectuado por Silva *et al.* (2004) nas praias da Costa da Caparica verifica-se que estas raramente atingem 20 espécies por transecto e, inclusive, alguns transectos apresentam valores muito próximos de zero. Nestas praias, em zonas onde a pressão humana é menor, a riqueza média é de 13 espécies por transecto. Deste modo, verifica-se que este parâmetro se encontra acima da média na área de estudo quando comparado com outras praias da região.

Na área de estudo identificou-se a espécie *Herniaria maritima*, endémica da costa sudoeste de Portugal, o que reforça a necessidade de uma maior capacidade de vigilância e protecção desta área,

uma vez que esta espécie goza de um estatuto de protecção. No entanto, curiosamente verificou-se que esta espécie ocorre maioritariamente na zona da deposição de entulho, o que pode indicar que esta espécie talvez necessite de algum tipo de pressão para se desenvolver.

A praia do Meco possui uma extensa rede de caminhos sobre o sistema dunar causada pelo pisoteio frequente de pessoas e de veículos motorizados, o que conduz a um elevado impacte na vegetação. O pisoteio contribui para o aumento da vulnerabilidade do ecossistema e redução da sua resiliência, na medida em que este não tem tempo suficiente para se auto-regenerar, ou seja, para que uma nova geração de plantas se desenvolva antes que ocorra novo factor de perturbação. Para além disso, o pisoteio, ao destruir a vegetação, vai mais facilmente levar à mobilização da areia, facto que tem como consequência a redistribuição das espécies no espaço dunar. Assim, as espécies características das primeiras faixas do cordão dunar, colonizadoras de substratos móveis, vão ocorrer nas faixas mais para o interior. De facto, observou-se a existência de indivíduos de *Ammophila arenaria* um pouco por todo o espaço dunar, principalmente ao longo de caminhos sobre o sistema, e não apenas na duna primária de onde esta espécie é típica, em praias não perturbadas.

Ao destruir a vegetação, o pisoteio promove a colonização das areias por espécies invasoras, como *Carpobrotus edulis*, de grande poder competitivo. A cobertura vegetal desta espécie exótica é bastante elevada na área de estudo. Não tendo uma zona preferencial para se estabelecer, esta espécie surge ao longo do cordão dunar, principalmente nas zonas mais perturbadas. Deste modo, esta espécie invasora reflecte o estado de degradação do sistema, já que se estende por tapetes contínuos, interferindo nos processos de formação dunar ao fixar as areias e substituir a vegetação nativa.

O sistema dunar em estudo não apresenta uma estrutura dunar típica, bem definida, sendo difícil distinguir onde começa e acaba cada uma das zonas dunares descritas no enquadramento teórico, e prova disso é a redistribuição das espécies ao longo de todo o cordão dunar, referida anteriormente.

A quantidade de resíduos (garrafas de plástico, latas, entulho) encontrada no sistema dunar é um indicador de degradação e de falta de consciência das pessoas para a importância e vulnerabilidade deste ecossistema. No local onde ocorreu a deposição de entulho encontra-se um coberto vegetal completamente distinto daquele que coloniza a areia. Nesta área encontram-se espécies como *Sedum sediforme*, *Crithmum maritimum* e *Corynephorus canescens* em grande abundância, possivelmente devido ao facto do substrato se encontrar estabilizado e, como tal, surgem espécies típicas de sistemas mais estabilizados de dunas interiores. Assim, esta deposição tende a favorecer espécies de tipo II e a espécie *Crithmum maritimum* que, apesar de ser de tipo III, demonstra ter preferência por substratos rochosos.

À semelhança do que acontece no estudo de Silva *et al.* (2004), as espécies de tipo I encontram-se em minoria e as espécies de tipo II são as que se encontram em maior número na área de estudo. Contudo, é a espécie do tipo III, *Medicago marina*, que apresenta o maior grau de cobertura específica total. De facto, esta espécie surge ao longo de quase praticamente todo o cordão dunar, exceptuando as dunas interiores e a área da deposição de entulho. Na zona depressionária domina quase que exclusivamente. As espécies do Grupo Funcional III caracterizam-se por uma elevada resistência ao soterramento. Como nesta praia, devido ao elevado número de caminhos, as areias são facilmente postas em movimento pelo vento, a espécie *Medicago marina* encontrou boas condições para proliferar. Um estudo de Bonanomi *et al.* (2007) desenvolvido em Itália revela que esta espécie apenas domina nas comunidades iniciais da sucessão ecológica, uma vez que é caracterizada por auto-toxicidade. Além disso, é uma planta fixadora de azoto, o que tem como consequência uma melhoria das condições edáficas que vão proporcionar o aparecimento e proliferação de outras espécies, nomeadamente gramíneas.

Assim, a espécie *Medicago marina* assume um papel fundamental na regeneração de uma duna frontal fragmentada, recolonizando rapidamente os espaços descobertos de vegetação, uma vez findada a perturbação. Segundo Laranjeira (2009), o pisoteio pode originar uma drástica modificação na estrutura das comunidades de plantas da duna frontal, ou seja, na sequência da morte de indivíduos de *Ammophila arenaria*, surge a espécie *Medicago marina*. Esta planta demonstra uma elevada competitividade, relativamente às restantes espécies, no que respeita à recolonização inicial da areia deixada “livre” pela eliminação da vegetação pré-existente após perturbação devida ao pisoteio. A grande abundância desta espécie na área de estudo, em detrimento da de *Ammophila arenaria*, sugere que na respectiva área de ocorrência quase exclusiva de *Medicago marina* tenham existido outrora clareiras de perturbação descobertas de vegetação derivadas possivelmente do pisoteio desregrado. A elevada dominância de *Medicago marina* parece confirmar mais uma vez a elevada perturbação da zona de estudo. Caso haja uma diminuição dos factores de perturbação, a espécie *Medicago marina* poderá vir a ser eventualmente suplantada por *Ammophila arenaria*.

A cobertura vegetal total das gramíneas *Ammophila arenaria* e *Elymus farctus* na área de estudo é baixa quando comparada com os resultados obtidos no estudo de Silva *et al.* (2004), constituindo um importante indicador de um sistema dunar alterado. De facto, em sistemas não perturbados ou com pouco grau de perturbação a dominância, nas faixas onde a areia possui uma elevada mobilidade, pertence à espécie *Ammophila arenaria* e não à espécie *Medicago marina*. A baixa cobertura por estas espécies significa que não existe vegetação suficiente para “travar” a acção do vento e reter as partículas arenosas na duna frontal para manutenção do *stock* de areia.

No entanto, a grande expansão da espécie *Medicago marina* também tem consequências positivas. Na realidade, Grime (1998) sugere que espécies subordinadas (“*subordinates*”) – espécies que, logo após uma perturbação, experimentam o aumento temporário do seu vigor e taxa de cobertura –, como *Medicago marina*, actuam como um filtro ambiental, inibindo o restabelecimento das plantas dominantes nos locais perturbados, ao mesmo tempo que favorecem o crescimento de outras espécies, habitualmente pouco abundantes. Segundo o estudo efectuado por Laranjeira (2009) em Vila Nova de Gaia, os caminhos na duna frontal, fechados à passagem de visitantes, foram rapidamente cobertos por *Medicago marina*, que diminuiu a velocidade do vento junto ao solo e a movimentação de areia, conduzindo à remoção de *Ammophila arenaria* e aumento do número de outras espécies incapazes de sobreviver ao soterramento pela areia. Desta forma, após a intervenção da Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia, que procurou ordenar o acesso às praias e impedir o pisoteio desregrado, ocorreu um significativo aumento de biodiversidade nas dunas frontais, contrariando a tendência das comunidades dunares não fragmentadas, onde a *Ammophila arenaria* é dominante, para se irem tornando monoespecíficas com o tempo.

Com o cálculo do coeficiente de Pearson verificou-se que muitos dos valores obtidos não são significativos, uma vez que a amostra é pequena (7 transectos), o que exige maiores valores absolutos do coeficiente para que a correlação possa ser considerada significativa. Comparando os resultados obtidos com os do estudo de Silva *et al.* (2004), cuja amostra (65 transectos) e área de estudo abrangida é muito maior, verifica-se que em ambos os estudos a dimensão do cordão dunar apresenta boas correlações com a riqueza total de espécies por transecto e esta variável, por sua vez, apresenta elevadas correlações com a riqueza de espécies naturais e com a riqueza de espécies do tipo II, como seria de esperar.

Através da análise dos resultados da lista de controlo aplicada aos sistemas dunares da praia do Meco (Anexo II) verifica-se que o seu grau de vulnerabilidade médio é de 37,4%, sendo inferior ao grau do factor de risco atractividade turística do sistema dunar, o que indica que se está perante uma situação de risco potencial na área de estudo. A ineficácia do ordenamento e gestão é a componente que mais contribui para o aumento da vulnerabilidade do sistema. Na área de estudo foram observadas algumas pessoas a praticar campismo selvagem e outras a apanhar banhos de sol em cima da duna primária. Ainda existe muito pouca consciência ambiental por parte das pessoas que frequentam esta praia, apesar das acções de sensibilização para a importância de conservar o sistema dunar promovidas pela Câmara Municipal de Sesimbra (CMS) e pelo posto de turismo.

De acordo com os resultados obtidos com a *checklist* é-se levado a crer que a alimentação da praia em areia é suficiente, a ocorrência de formas de erosão é baixa e, apesar da existência de algumas falhas de vegetação na frente dunar, a maior parte da superfície do sistema dunar encontra-se

coberta por vegetação. Contudo, através de observação directa do autor desta dissertação verificou-se que alguns caminhos de acesso à praia poderão vir a originar *blowouts* ou dunas parabólicas, caso não sejam colmatados por vegetação.

Comparando com as praias da Costa da Caparica, a praia do Meco apresenta resultados do estado de conservação bastante satisfatórios. Segundo o estudo de Ferreira e Laranjeira (2000), os sistemas dunares da praia da Fonte da Telha apresentam um grau de vulnerabilidade médio muito elevado, sendo que as principais componentes que mais contribuem para a sua vulnerabilidade são o grande deficit de alimentação em areia e a degradação da vegetação. A elevada atractividade turística e os significativos obstáculos à transgressão dunar conduzem a uma situação de elevado risco para este sistema dunar.

Neste mesmo estudo de Ferreira e Laranjeira (2000), verifica-se que uma praia degradada com níveis de vulnerabilidade média altos, quando eficazmente gerida conduz à regeneração natural da vegetação, redução do deficit de alimentação em areia e diminuição da erosão dunar. Deste modo, é possível obter níveis de vulnerabilidade média baixos, mesmo que a sua atractividade turística seja elevada, como é o caso da praia do Rei, uma das praias da Costa da Caparica.

Visto isto, é essencial definir estratégias eficazes de gestão e monitorização no sistema dunar da praia do Meco, que apesar de não apresentar resultados tão graves como os de outras praias da Costa da Caparica, encontra-se numa situação de risco potencial. Caso não se faça nada em contrário para proteger este sistema dunar, poder-se-ão vir a desenvolver maiores problemas de degradação, conduzindo a um aumento da vulnerabilidade do sistema.



## CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO

O sistema dunar da Praia do Meco evidencia vários sinais de degradação e encontra-se efectivamente numa situação de risco, segundo os resultados obtidos com a *checklist*. A ineficácia do ordenamento e gestão e a degradação pelo uso, aliadas à elevada atractividade turística, são as componentes que mais contribuem para o aumento da vulnerabilidade do sistema em estudo.

O equilíbrio dos ecossistemas dunares está intimamente ligado à conservação da vegetação. Apesar das plantas que colonizam as areias possuírem adaptações ecológicas que lhes permitem sobreviver num meio tão adverso, apresentam uma elevada intolerância a mudanças provocadas pelo ser humano nesse meio. Assim, o acentuado pisoteio (pedonal e/ou motorizado), que originou a extensa rede de caminhos que atravessam o sistema dunar da Praia do Meco, representa um factor de vulnerabilidade de extrema importância no ecossistema em estudo, podendo conduzir a uma redução significativa da sua capacidade de resiliência.

A frequente circulação observada no sistema dunar impede, ou pelo menos dificulta, a regeneração da vegetação. Muitos dos caminhos de acesso à praia que atravessam as dunas, para além de contribuírem para a destruição da vegetação, podem vir a originar corredores de deflação nos quais a areia solta é facilmente mobilizada pelo vento, degenerando em formas de erosão bem definidas como *blowouts*.

Por outro lado, o pisoteio com a consequente destruição da vegetação nativa facilita a colonização da areia por espécies invasoras, como a espécie *Carpobrotus edulis*. De facto, na área de estudo esta espécie apresenta uma cobertura vegetal elevada, colonizando sobretudo zonas ao longo de caminhos e zonas de areia solta. Esta espécie pode alterar a morfologia do sistema dunar, uma vez que interfere com os processos de transporte e deposição da areia pelo vento, contribuindo também para o aumento da vulnerabilidade do sistema.

A falta de sensibilização dos frequentadores da praia em estudo observada, assim como a escassez de fiscalização são notórias, uma vez que as pessoas não se limitam a utilizar os caminhos já existentes, mas circulam sobre a vegetação. Para além do referido, praticam-se actividades ilegais como a condução desportiva e campismo selvagem sobre as dunas, o que contribui para a destruição da vegetação.

Pelas razões apontadas conclui-se que o sistema dunar em estudo necessita de uma definição de estratégias de gestão e monitorização (algumas das quais já definidas no POOC Sintra-Sado). Deste modo, é necessária a implementação e prática de medidas que visem a protecção e conservação do sistema dunar, e principalmente de medidas que visem eliminar o pisoteio não controlado. É fundamentalmente necessário suprimir os principais factores de degradação do sistema dunar.

A capacidade de implementação e concretização de programas e políticas institucionais sobre a zona costeira em Portugal tem sido manifestamente insuficiente face aos enormes desafios com que a sociedade e as comunidades locais são confrontadas. No entanto, uma gestão ambiental eficaz, definida com base na avaliação de áreas vulneráveis, evita a degradação e perda irreversíveis dos recursos ambientais, de valores paisagísticos e culturais únicos, cuja valoração económica nem sempre pode ser expressa em termos monetários.

Assim, é importante limitar o acesso de pessoas e viaturas ao sistema dunar, instalar painéis informativos sobre a importância das dunas, promover mais actividades de sensibilização, implantar passadiços de acesso à praia sobrelevados, aumentar a fiscalização e controlo de pessoas e viaturas e desenvolver programas de erradicação ou controlo de espécies invasoras.

Nos locais mais degradados, como nos caminhos que desembocam na praia, podem-se combinar estas medidas com outras que visem a reabilitação do sistema. Devem-se instalar captadores de areia e recorrer à revegetação com espécies edificadoras das dunas como *Ammophila arenaria* e *Elymus farctus* em áreas de areias móveis, de forma a colmatar as falhas de vegetação no cordão dunar frontal e prevenir o alargamento e a coalescência de *blowouts*.

A zona costeira apresenta grandes potencialidades, sendo insubstituível, quer como espaço lúdico, quer como espaço gerador de riqueza, quer como barreira natural contra a erosão costeira, constituindo um valioso recurso natural que, no entanto, é finito e não renovável à escala humana. Quando as suas potencialidades são degradadas, muito dificilmente se consegue a sua recuperação. Deste modo, é fundamental a sua preservação a fim de manter a qualidade e integridade dos sistemas biológicos nela representados.

Como desenvolvimentos futuros, é sugerido pelo autor desta dissertação que se realize uma avaliação da vulnerabilidade dos sistemas dunares a nível nacional e que se compile a informação já existente de forma a elaborar uma carta de vulnerabilidade dunar.



## CAPÍTULO 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFA (2004). Tipos de Habitat Naturais e Seminaturais do Anexo I da Directiva 92/43/CEE (Portugal Continental): Fichas de Caracterização Ecológica e de Gestão para o Plano Sectorial da Rede Natura 2000. Relatório. Associação Lusitana de Fitossociologia. Lisboa. 133p.

Almeida, A. C. (1998). Dunas Costeiras em Portugal: da Indiferença ao Protagonismo. In: *Dunas da Zona Costeira de Portugal*. Associação Eurocoast-Portugal (Ed). Porto: 43-48.

Almeida, A. C. (2001). *O balanço de sedimentação em corredores de deflação na duna frontal de Quaios, Costinha e Tocha*. In: M.E.A. Moreira, A.C. Moura, H.M. Granja & F. Noronha (Ed), *Homenagem (in honorium) Professor Doutor Soares de Carvalho*. Braga: 177-184.

André, J. e Cordeiro, M. (1998). Importância do “Pinhal do Rei” na Fixação das Areias Eólicas. In: *Dunas da Zona Costeira de Portugal*. Associação Eurocoast-Portugal (Ed). Porto: 3-27.

Araújo, V. D. (2006). *Caracterização Geológica Tridimensional e Monitoramento de Dunas no Litoral Oriental do Rio Grande do Norte*. Dissertação de Mestrado em Geodinâmica e Geofísica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 96 p.

Bird, E. C. F. (2001). *Coastal Geomorphology. An Introduction*. John Wiley & Sons, LTD. 322 p.

Bonanomi, G., Rietkerk, M., Dekker, S. C., Mazzoleni, S. (2007). Islands of Fertility Induce Co-occurring Negative and Positive Plant-Soil Feedbacks Promoting Coexistence. *Plant Ecology*: DOI 10.1007/s11258-007-9371-0

Branco, M., Lehugeur, L., Campos, J. (2003). Proposta de Classificação para as Feições Eólicas do Sector Leste da Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará – Brasil. UNESP. São Paulo. *Geociências*. 22(2): 163-174.

Carter, R. W. G. (1988). *Coastal environments: An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*. Academic Press. Londres. 617 p.

Castro, S. C. (2010, Julho 20). Organização *Super Bock Super Rock* reconhece falhas. *Correio da Manhã*. Consultado a 06 de Setembro de 2010 em: <http://www.cmjornal.xl.pt/noticia.aspx?contentid=DB953584-D6DC-43FE-8633-123F29F1B47B&channelid=00000185-0000-0000-0000-000000000185>

Ciccarelli, D., Forino, L. M. C., Balestri, M., Pagni, A. M. (2009). Leaf Anatomical Adaptations of *Calystegia soldanella*, *Euphorbia paralias* and *Otanthus maritimus* to the Ecological Conditions of Coastal Sand Dune Systems. *Caryologia*. 62(2): 142-151.

CMS (2010). *O Concelho*. Câmara Municipal de Sesimbra. Consultado a 19 de Agosto de 2010 em: <http://www.cm-sesimbra.pt/pt>

Costa, J. C. (2001). *Tipos de Vegetação e Adaptações das Plantas do Litoral de Portugal Continental*. In: Albergaria Moreira, M. E., A. Casal Moura, H. M. Granja & F. Noronha (Ed), *Homenagem (in honorium) Professor Doutor Soares de Carvalho*. Universidade do Minho. Braga: 283-299.

Couteiro, P. N. (1994). Dunas: SOS por um Frágil Ecossistema. *Revista Fórum Ambiente*. 8: 18-26.

Cruces, A., Lopes, I., Freitas, M. C., Andrade, C. (2002). *A Geologia no Litoral. Parte II: da Lagoa de Albufeira a Setúbal. Guia de Excursão*. Agência Ciência Viva. Departamento de Geologia. Centro de Geologia. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 39 p.

Cunha, P. (1998). Impactes Antrópicos na Área Dunar da Figueira da Foz – Leirosa. In: *Dunas da Zona Costeira de Portugal*. Associação Eurocoast-Portugal (Ed). Porto: 105-118.

Dias, J. M. A., (1990). A Evolução Actual do Litoral Português. *Geonovas*. 11: 15-28.

EEA (2006). *The changing faces of Europe's coastal areas*. EEA Report No 6/2006. European Environment Agency. Copenhagen. 107 p. Consultado a 20 de Junho de 2010 em: [http://www.eea.europa.eu/publications/eea\\_report\\_2006\\_6](http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_6)

Ferreira, A.M.P.J. (2000). *Dados geoquímicos de base de sedimentos fluviais de amostragem de baixa densidade de Portugal Continental: Estudo de factores de variação regional*. Dissertação de Doutoramento em Geociências. Universidade de Aveiro. 226 p.

Ferreira, J. C., Laranjeira, M. M. (2000). Avaliação da Vulnerabilidade e Risco Biofísico em Áreas Litorais sob Pressão Antrópica. Contributo Metodológico para uma Gestão Ambiental. *Geolnova*. 2: 153-170.

- Flor, G. (1990). Tipología de dunas eólicas, procesos de erosión-sedimentación costera e evolución litoral de la Provincia de Huelva (Golfo de Cádiz occidental, sur de España). *Estudios Geológicos*. 46: 99-109.
- Flor, G. (1998). Classification and Characterization of Eolian Dunes in Temperate Rocky Coasts. The Spanish Peninsular Eolian Fields. In: *Dunas da Zona Costeira de Portugal*. Associação Eurocoast-Portugal (Ed). Porto: 29-42.
- Foeken, S., Seidenstücker, C., van Schagen, L., Walbroek, A. (2000). Coastal Guide on Dune Management. EUCC International Secretariat. Consultado a 18 de Junho de 2010 em: <http://www.coastalguide.org/dune/index.htm>
- Franco, J. A. (1971). *Nova Flora de Portugal (Continente e Açores)*. Vol I (Licopodiaceae – Umbeliferae). Edição do Autor. Lisboa. 648 p.
- Franco, J. A. (1984). *Nova Flora de Portugal (Continente e Açores)*. Vol II (Clethraceae – Compositae). Edição do Autor. Lisboa. 660 p.
- García-Mora, M. R., Gallego-Fernández, J. B., Williams, A. T. (1998). The Coastal Area of SW Spain: Between conservation and Tourist Development. In: J. L. Monsó de Prat, editor. Proceedings of the Four International Conference Littoral'98. Barcelona: 177-186.
- García-Mora, M. R., Gallego-Fernández, J. B., García-Novo, F. (1999). Plant Functional Types in Coastal Foredunes in Relation to Environmental Stress and Disturbance. *Journal of Vegetation Science*. 10: 27-34.
- García-Mora, M. R., Gallego-Fernández, J. B., García-Novo, F. (2000). Plant Diversity as a Suitable Tool for Coastal Dune Vulnerability Assessment. *Journal of Coastal Research*. 16(4): 990-995.
- García-Mora, M. R., Gallego-Fernández, J. B., Williams, A. T., García-Novo, F. (2001). A Coastal Dune Vulnerability Classification. A Case Study of the SW Iberian Peninsula. *Journal of Coastal Research*. 14(4): 802-811.
- Gallego-Fernández, J. B., García-Mora, M. R., Ley, C. (2003). *Restauración de Ecosistemas Dunares Costeros*. Capítulo VIII. Consultado a 10 de Maio de 2010 em: <http://personal.us.es/galfer/publicaciones/restauracion%20dunas%20JB%20libro%202003.pdf>
- Gomes, F. V. (2007). A Gestão da Zona Costeira Portuguesa. *Gestão Costeira Integrada*. 7(2): 83-95.
- Granja, H. M. e Carvalho, G. S. (1995). Is the Coastline "Protection" of Portugal by Hard Engineering Structures Effective?. *Journal of Coastal Research*. 11(1): 1229-1241.

- Grime, J. P. (1998). Benefits of Plant Diversity to Ecosystems: Immediate, Filter and Founder Effects. *Journal of Ecology*. 86: 902-910.
- Guedes, L. (2008). Educação Ambiental e Alterações Climáticas: a experiência do FAPAS. Actas das IX Jornadas de Conservação da Natureza e Educação Ambiental. Instituto Politécnico de Viana do Castelo: 18-20.
- Hanson, H. e Lindh, G. (1993). Coastal Erosion: An Escalating Environment Threat. *Ambio*. 22(4): 188-195.
- Hesp, P. A. (1991). Ecological Processes and Plant Adaptations on Coastal Dunes. *Journal of Arid Environment*. 21 (2): 165-191.
- Hesp, P. A. (2002a). Foredunes and Blowouts: Initiation, Geomorphology and Dynamics. *Geomorphology*. 48: 245-268.
- Hesp, P. A. (2002b). A Gênese de Cristas de Praias e Dunas Frontais. *Mercator*. 2: 119-125.
- Hunter, R. E., Richmond, B. M., Alpha, T. R. (1983). Storm-controlled Oblique Dunes of the Oregon Coast. *Geological Society of America Bulletin*. 94 (12): 1450-1465.
- ICNB (2006). *Plano de Ordenamento do Parque Natural da Ria Formosa. Estudos de Caracterização*. Instituto da Conservação da Natureza e Biodiversidade. 2: 4-19.
- INE (2001). *Censos: Resultados Preliminares da Região de Lisboa e Vale do Tejo*. Instituto Nacional de Estatística. Portugal. 119 p.
- Instituto da Água (2006). *Execução da Recomendação sobre Gestão Integrada da Zona Costeira em Portugal*. Relatório de Progresso. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Instituto da Água. 98 p.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge. United Kingdom and New York. NY. USA. 996 p.
- Jansen, J. (2002). *Guia Geobotânico da Serra da Estrela*. Parque Natural da Serra da Estrela. Instituto da Conservação da Natureza. 276 p.
- Kocurek, G. A. (1996). *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. H. G. Reading. Blackwell publishing Ltd. 704 p.

- Lage, B. (2009). *Aplicação do Método de Avaliação Contingente ao Caso da Praia de Faro*. Dissertação de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais. Universidade Nova de Lisboa. 200 p.
- Ley, C., Gallego-Fernández, J. B., Vidal, C. (2007). *Manual de Restauración de Dunas Costeras*. Ministério do Ambiente. Santander. Espanha. 251 p.
- Laranjeira, M. (1997). *Vulnerabilidade e Gestão dos Sistemas Dunares. O Caso das Dunas de Mira*. Dissertação de Mestrado em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental. Universidade Nova de Lisboa. 199 p.
- Laranjeira, M. (2009). *Fragmentação pelo Pisoteio dos Sistemas de Duna Frontal. Casos de Vila Nova de Gaia*. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física e Estudos Ambientais. Universidade do Minho. 261 p.
- Macedo, J. (2008). *A Functional Approach to Modelling Vegetation-Environment Relations In Coastal Sand Dunes*. Dissertação de Mestrado em Ecologia Aplicada. Universidade do Porto. 90 p.
- Martínez, M. L., Gallego-Fernández, J. B., García-Franco, J. G., Moctezuma, C., Jiménez, C. D. (2006). Assessment of Coastal Dune Vulnerability to Natural and Anthropogenic Disturbance Along the Gulf of Mexico. *Environmental Conservation*. 33 (2): 109-117.
- Martins, M. J. e Freitas, H. (1998). Caracterização e Avaliação da Vegetação do Sistema Dunar – Dunas de Quiatos-Mira. In: *Dunas da Zona Costeira de Portugal*. Associação Eurocoast-Portugal (Ed). Porto: 247-262.
- McKee, E. D. (2004). *A Study of Global Sand Seas*. University Press of the Pacific. 440 p.
- Medina, R. e Méndez, F. J. (2006). Inundación Costera Originada por la Dinámica Marina. *Ingeniería y Territorio*. 74: 68-75.
- Namboothri, N., Subramanian, D., Muthuraman, B., Sridhar, A., Rodriguez, S., Shanker, K. (2008). *Beyond the Tsunami: Coastal Sand Dunes of Tamil Nadu, India – An Overview*. UNDP/UNTRS. Chennai and ATREE. Bangalore. India. 56 p.
- Neto, C. S. (1999). *A Flora e a Vegetação da Faixa Litoral entre Tróia e Sines*. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física. Universidade de Lisboa. 461 p.
- Neto, C. e Capelo, J. (1999). Guia da Excursão ao Sado e Costa da Galé. In: ALFA (Ed) - Livro de Resumos e Guia da Excursão do 2º Encontro ALFA de Fitossociologia “A Fitossociologia na Gestão de Espaços Naturais”. Centro de Estudos Geográficos. Lisboa: 33-154.

- Noivo, L. e Bernardes, C. A. (1998). As Dunas de Quiatos/Tocha – Sua Morfologia e Evolução. In: *Dunas da Zona Costeira de Portugal*. Associação Eurocoast-Portugal (Ed). Porto: 91-104.
- Olmos, J., Rosique, P., Crespo, R., Caballer, A., Trenor, A., Codoñer, A., Matarredona, A., (2004). *La Restauración de las Dunas Litorales de la Devesa de L'Albufera de Valencia*. Universidade de Valência. Valência. 65 p.
- Paskoff, R. (1985). *Les Littoraux. Impact des Aménagements sur leur Évolution*. Masson. Paris. 189 p.
- Paskoff, R. (2001). *L'élévation du Niveau de la Mer at les Espaces Côtiers*. Institut Oceanographic. Colp. Propos. 190 p.
- Plano Director Municipal de Sesimbra (1996). Câmara Municipal de Sesimbra. Sesimbra.
- Pye, K., e Tsoar, H. (2009). *Aeolian Sand and Sand Dunes*. Springer. Berlin. 458 p.
- Reis, C. (1998). A Importância de *Ammophila arenaria* para a Gestão das Zonas Costeiras. In: *Dunas da Zona Costeira de Portugal*. Associação Eurocoast-Portugal (Ed). Porto: 195-203.
- Ritchie, W. (1972). The Evolution of Coastal Sand Dunes. *Scottish Geographical Magazine*. 88: 19-35.
- Rowley, R. J., Kostelnick, J. C., Braaten, D., Li, X., Meisel, J. (2007). Risk of Rising Sea Level to Population and Land Area. *Eos*. 88(9): 105-116.
- Sanjaume, E. e Pardo, J. (1991). The possible influence of sea level rise on the precarious dunes of Devesa del Saler Beach, Valencia, Spain. *Landscape Ecology*. 6: 57-64.
- Santos, F. D., Forbes, K., Moita, R. (Eds.) (2002). *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impact and Adaptation Measures – Projecto SIAM I*. Gradiva. Lisboa. 456 p.
- Santos, F. D., Miranda, P. (Eds.) (2006). *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impact and Adaptation Measures – Projecto SIAM II*. Gradiva. Lisboa.
- Santos, C., Figueiredo, A., Fino, J., Ribeiro, B., Silva, E. (2008). A Importância das Dunas na Protecção do Litoral: O Outro Lado das Exóticas. Instituto Educativo do Juncal. Consultado a 25 de Agosto de 2010 em: <http://mesozoico.wordpress.com>
- Silva, G. M. (2006). *Padrões Fitogeográficos em Sistemas Dunares do Noroeste de Portugal Continental*. Dissertação de Mestrado em Ecologia da Paisagem e Conservação da Natureza. Universidade do Porto. 152 p.

Silva, P., Pinho, P., Correia, A. I., Branquinho, C., Correia, O. (2004). *Estudo de Indicadores de Vulnerabilidade de Sistemas Dunares: Um Contributo para a Gestão Integrada de Zonas Costeiras*. Actas da 8ª Conferência Nacional do Ambiente.

Tsoar, H. (1989). Linear Dunes. Forms and Formation. *Progress in Physical Geography*. 13: 507-528.

Valdés, B., Talavera, S., Fernandez-Galiano, E. (Eds.) (1987a). *Flora Vascular de Andalucía Occidental*. Vol. I (Pteridophyta, Gymnospermae, Dicotyledones (Lauraceae-Primulaceae)). Ketres Editora S.A. Barcelona. 485 p.

Valdés, B., Talavera, S., Fernandez-Galiano, E. (Eds.), (1987b). *Flora Vascular de Andalucía Occidental*. Vol. II. (Dicotyledones (Crassulaceae-Dipsacaceae)). Ketres Editora S.A. Barcelona. 640 p.

Valdés, B., Talavera, S., Fernandez-Galiano, E. (Eds.), (1987c). *Flora Vascular de Andalucía Occidental*. Vol. III. (Dicotyledones (Compositae), Monocotyledones (Alismataceae-Orchidaceae)). Ketres Editora S.A. Barcelona. 555p.

Villa, F. e McLeod, H. (2002). Environmental Vulnerability Indicators for Environmental Planning and Decision-Making: Guidelines and Applications. *Environmental Management*. 29(3): 335-348.

Williams, A. T., Alveirinho-Dias, J., Garcia-Novo, F., García-Mora, M. R., Curr, R., Pereira, A. (2001). Integrated Coastal Dune Management: Checklists. *Continental Shelf Research*. 21: 1937-1960.



**ANEXOS**



## **Anexo I**



## LISTA DE CONTROLO DA VULNERABILIDADE BIOFÍSICA DOS SISTEMAS DUNARES

### Secção 1 – Estado de erosão do sistema dunar

Nível de Vulnerabilidade		1	2	3
Variável				
Erosão por acção marinha	Arriba talhada em duna	Ausência no sistema dunar	Presença de arriba dunar em <50% do sistema dunar	Presença de arriba dunar em >50% do sistema dunar
	Altura da arriba dunar em % da altura da duna	<25%	25% a 50%	> 50%
	Galgamento(s) oceânico(s) recentes	Ausência no sistema dunar		Ocorrência no sistema dunar
Erosão por acção do vento e por acção antrópica	Brechas activas	Ausência ou brechas pouco incisadas (<1m) em <50% do sistema dunar	Presença de brechas pouco incisadas (< 1m) em >50% do sistema dunar  Presença de brechas profundas (> 1m) em < 50% do sistema dunar	Presença de brechas profundas (>1m) e/ou largas (>2m) em >50% do sistema dunar
	<i>Blowouts</i> activos	Ausência no sistema dunar	Presença de <i>blowouts</i> incipientes em <1/3 do sistema dunar  Presença de <i>Blowouts</i> bem formado, amplo, afectando < 1/3 do sistema dunar	Presença de <i>blowouts</i> incipientes em >1/3 do sistema dunar  Presença de <i>blowout(s)</i> bem formado(s) amplo(s), em > 1/3 do sistema dunar
Areia soprada para o interior		Não existem vestígios	Formam-se pequenas acumulações de areia	A acumulação de areia causa danos e justifica uma intervenção

## Secção 2 – Estado de alimentação em areia do sistema dunar

Nível de Vulnerabilidade	1	2	3
Variável			
Presença de dunas recentes ou embrionárias a barlavento	presença de dunas recentes ou embrionárias em > 50% do sistema dunar	Presença de dunas recentes ou embrionárias em <50% do sistema dunar	Ausência de dunas recentes ou embrionárias
Colmatção de brechas com dunas recentes ou embrionárias	> 50% das brechas colmatadas	< 50% das brechas colmatadas	Ausência de colmatção
Colmatção de <i>blowouts</i> com dunas recentes ou embrionárias	> 50% de <i>blowouts</i> incipientes colmatados  > 50% de <i>blowouts</i> amplos colmatados	< 50% de <i>blowouts</i> incipientes colmatados  < 50% de <i>blowouts</i> amplos colmatados	Ausência de colmatção
Colmatção de galgamentos oceânicos com dunas recentes ou embrionárias	Com reconstituição parcial do cordão dunar	Com formação de dunas embrionárias isoladas	Ausência de colmatção

## Secção 3 – Estado da fixação das areias pela vegetação do sistema dunar

Nível de Vulnerabilidade	1	2	3
Variável			
Superfície do sistema dunar não vegetada	<25%	25% a 75%	>75%
Frente dunar vegetada	>50%	10% a 50%	<10%
Estado de danificação das plantas	Remoção de vegetação e presença de plantas com raízes expostas devido à erosão em <25% da superfície dunar vegetada	Remoção de vegetação e presença de plantas com raízes expostas devido à erosão entre 25% a 75% da superfície dunar vegetada	Remoção de vegetação e presença de plantas com raízes expostas devido à erosão em >75% da superfície dunar vegetada

#### Secção 4 – Estado de degradação associado à utilização do sistema dunar

Nível de Vulnerabilidade Variável	1	2	3
Rede de caminhos de acesso à praia	Aberta em pontos específicos da duna, pouco densa	Aberta em pontos específicos da duna, muito densa  Difusa, pouco densa	Difusa, muito densa
Incisão dos caminhos	Pequena (<1m)	Moderada (<2m)	Profunda (>2m)
Viaturas motorizadas nas dunas	Nenhumas	Algumas; trilhos localizados	Muitas; trilhos difusos
Equitação nas dunas	Nenhuma	Alguma; trilhos localizados	Muita; trilhos difusos
Campismo selvagem	Nenhum	Algum, disperso pelas dunas	Muito, em locais preferenciais
Campismo organizado	Nenhum	Ocupando <1/4 do sistema dunar	Ocupando >1/4 do sistema dunar
Construção	Nenhuma	Isolada  Dispersa, em <1/4 do sistema dunar	Dispersa, em >1/4 do sistema dunar  Concentrada
Extracção de areias	Nenhuma	Abundante, causando a destruição de <1/4 do sistema dunar	Abundante, causando a destruição de >1/4 do sistema dunar
Actividades ligadas à pesca	Ausentes  Presentes, mas não afectando significativamente o sistema dunar	Causando a destruição de <1/4 do sistema dunar	Causando a destruição de >1/4 do sistema dunar
Campo de golfe, campo de vólei, outros campos desportivos	Nenhum	Ocupando parcialmente o sistema dunar	Ocupando totalmente o sistema dunar

## Secção 5 – Estado de conservação do sistema dunar

Nível de Vulnerabilidade Variável	1	2	3
Ordenamento dos caminhos	Passagens sobrelevadas em pontos de acesso à praia específicos	Passadeiras em pontos de acesso à praia específicos	Caminhos não ordenados
Área com acesso limitado	Ausente e desnecessário Em <10% do sistema dunar	Entre 10% a 25% Ausente/insuficiente, mas necessário em <25% do sistema dunar	Em >25% Ausente/insuficiente, mas necessário em >25% do sistema dunar
Armadilhas de areia para reabilitação das dunas	Ausente e desnecessário Em <10% do sistema dunar	Entre 10% a 25% Ausente/insuficiente, mas necessário em <25% do sistema dunar	Em >25% Ausente/insuficiente, mas necessário em >25% do sistema dunar
Plantação nas áreas com areias móveis	Ausente e desnecessário Em <10% do sistema dunar	Entre 10% a 25% Ausente/insuficiente, mas necessário em <25% do sistema dunar	Em >25% Ausente/insuficiente, mas necessário em >25% do sistema dunar
Painéis de informação	Um ou vários, apelativos e colocados em pontos estratégicos	Um ou vários, mas desactualizados ou pouco apelativos, mal colocados	Nenhum
Vigilância e controlo de viaturas	Existente e eficaz Não necessário	Insuficiente	Nenhuma
Vigilância e controlo de equitação	Existente e eficaz Não necessário	Insuficiente	Nenhuma
Vigilância e controlo de campismo selvagem	Existente e eficaz Não necessário	Insuficiente	Nenhuma
Vigilância e controlo de construção	Existente e eficaz Não necessário	Insuficiente	Nenhuma
Vigilância e controlo de extracção de areias	Existente e eficaz Não necessário	Insuficiente	Nenhuma
Vigilância e controlo das actividades ligadas à pesca	Existente e eficaz Não necessário	Insuficiente	Nenhuma
Alimentação da praia ou da duna	Não necessário	Presente e com resultados duradouros	Necessário Presente, mas sem resultados duradouros
Obras costeiras	Inexistentes	Obras costeiras perpendiculares à linha de costa, a sotamar	Obras costeiras longitudinais, aderentes Obras costeiras perpendiculares à linha de costa, a barlamar

**Secção suplementar A – Uso do solo marginal ao sistema dunar (largura da faixa considerada em função das taxas de recuo da linha de costa para 50 anos)**

Obstáculos à livre transgressão das dunas Uso do solo marginal ao sistema dunar	<b>Não opõe obstáculos à transgressão, não influenciando a vulnerabilidade das dunas</b>	<b>Limita a transgressão, condicionando a vulnerabilidade das dunas</b>	<b>Impossibilita a transgressão, determinando uma elevada vulnerabilidade das dunas</b>
Área não urbanizada	>75% de área de mato	>75% de área florestada	>50% de área agricultada  Não existente
Área urbanizada	Não existente	>50% de área urbana dispersa	>50% de área urbana concentrada
Outros espaços ordenados	Não existentes	>50% ocupado com campos desportivos  Existência de parque de campismo  Existência de aeródromo	
Vias de comunicação	Caminhos florestais	Estradas municipais, com pouco tráfego estival	Estradas nacionais  Vias rápidas  Estradas municipais, com tráfego estival importante  Caminhos-de-ferro

## Secção complementar B – Atractividade turística do sistema dunar

<p>Importância do afluxo potencial de visitantes</p> <p>Atractividade turística do sistema dunar</p>	<p><b>Determina afluxo mínimo, não influenciando a vulnerabilidade das dunas</b></p>	<p><b>Possibilita afluxo importante, condicionando a vulnerabilidade das dunas</b></p>	<p><b>Determina afluxo muito importante, determinando uma elevada vulnerabilidade das dunas</b></p>
<p>Alojamento na área enquadrante</p>	<p>Alojamento inexistente</p> <p>Alojamento limitado em meio rural (aluguer de quartos e casas individuais)</p>	<p>Alojamento importante em meio rural (parque de campismo/aldeamento turístico, aluguer de quartos e casas individuais)</p> <p>Alojamento importante em meio urbano (pensões, residenciais, aluguer de quartos e casas individuais)</p>	<p>Alojamento muito importante em meio rural (vários parques de campismo, vários aldeamentos turísticos, aluguer de quartos e casas individuais)</p> <p>Alojamento muito importante em meio urbano (pensões, residenciais, hotéis, aluguer de quartos e casas individuais)</p>
<p>Condições de acesso e estacionamento</p>	<p>Inexistência de estradas de acesso</p> <p>Mau acesso por estrada não pavimentada, sem parque de estacionamento</p>	<p>Acesso razoável por estrada e parque de estacionamento pavimentados ou não</p>	<p>Bom acesso por estrada e parque de estacionamento pavimentados ou não</p>
<p>Espaços de lazer (parque de merendas, outros)</p>	<p>Inexistentes</p>	<p>Existentes, mas mal conservados</p>	<p>Existentes e em bom estado de conservação</p>
<p>Nível de desenvolvimento da atractividade balnear</p>	<p>Praia em meio rural, sem vigilância e estruturas de apoio</p>	<p>Praia em meio rural, com vigilância e estruturas de apoio (bares)</p>	<p>Praia em meio urbano, com vigilância, estruturas de apoio (bares, sanitários, áreas de barracas) e área destinada a jogos</p>

## **Anexo II**



**LISTA DE CONTROLO DA VULNERABILIDADE BIOFÍSICA DO SISTEMA DUNAR  
DA PRAIA DO MECO  
(JUN-SET 2010)**

**Secção 1 – Estado de erosão do sistema dunar**

Nível de Vulnerabilidade		1	2	3
Variável				
Erosão por acção marinha	Arriba talhada em duna	Ausência no sistema dunar	Presença de arriba dunar em <50% do sistema dunar	Presença de arriba dunar em >50% do sistema dunar
	Altura da arriba dunar em % da altura da duna	<25%	25% a 50%	> 50%
	Galgamento(s) oceânico(s) recentes	Ausência no sistema dunar		Ocorrência no sistema dunar
Erosão por acção do vento e por acção antrópica	Brechas activas	Ausência ou brechas pouco incisadas (<1m) em <50% do sistema dunar	Presença de brechas pouco incisadas (< 1m) em >50% do sistema dunar  Presença de brechas profundas (> 1m) em < 50% do sistema dunar	Presença de brechas profundas (>1m) e/ou largas (>2m) em >50% do sistema dunar
	<i>Blowouts</i> activos	Ausência no sistema dunar	Presença de <i>blowouts</i> incipientes em <1/3 do sistema dunar  Presença de <i>Blowouts</i> bem formado, amplo, afectando < 1/3 do sistema dunar	Presença de <i>blowouts</i> incipientes em >1/3 do sistema dunar  Presença de <i>blowout(s)</i> bem formado(s) amplo(s), em > 1/3 do sistema dunar
Areia soprada para o interior		Não existem vestígios	Formam-se pequenas acumulações de areia	A acumulação de areia causa danos e justifica uma intervenção
Pontuação		0	1	2

**Total (%): 25%**

3x0+3x1 = 3	12 ----- 100%	x = 25%
Total de pontuação máxima = 2 x 6 = 12	3 ----- x	

## Secção 2 – Estado de alimentação em areia do sistema dunar

Nível de Vulnerabilidade \ Variável	1	2	3
Presença de dunas recentes ou embrionárias a barlavento	Presença de dunas recentes ou embrionárias em >50% do sistema dunar	Presença de dunas recentes ou embrionárias em <50% do sistema dunar	Ausência de dunas recentes ou embrionárias
Colmatação de brechas com dunas recentes ou embrionárias	> 50% das brechas colmatadas	< 50% das brechas colmatadas	Ausência de colmatação
Colmatação de <i>blowouts</i> com dunas recentes ou embrionárias	> 50% de <i>blowouts</i> incipientes colmatados > 50% de <i>blowouts</i> amplos colmatados	< 50% de <i>blowouts</i> incipientes colmatados < 50% de <i>blowouts</i> amplos colmatados	Ausência de colmatação
Colmatação de galgamentos oceânicos com dunas recentes ou embrionárias	Com reconstituição parcial do cordão dunar	Com formação de dunas embrionárias isoladas	Ausência de colmatação
<b>Pontuação</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

**Total (%): 37,5%**

$1 \times 0 + 1 \times 1 + 1 \times 2 = 3$	8 ----- 100%	$x = 37,5\%$
Total de pontuação máxima = $2 \times 4 = 8$	3 ----- x	

## Secção 3 – Estado da fixação das areias pela vegetação do sistema dunar

Nível de Vulnerabilidade \ Variável	1	2	3
Superfície do sistema dunar não vegetada	<25%	25% a 75%	>75%
Frente dunar vegetada	>50%	10% a 50%	<10%
Estado de danificação das plantas	Remoção de vegetação e presença de plantas com raízes expostas devido à erosão em <25% da superfície dunar vegetada	Remoção de vegetação e presença de plantas com raízes expostas devido à erosão entre 25% a 75% da superfície dunar vegetada	Remoção de vegetação e presença de plantas com raízes expostas devido à erosão em >75% da superfície dunar vegetada
<b>Pontuação</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

**Total (%): 33,3%**

$0 \times 2 + 2 \times 1 = 2$	6 ----- 100%	$x = 33,3\%$
Total de pontuação máxima = $2 \times 3 = 6$	2 ----- x	

#### Secção 4 – Estado de degradação associado à utilização do sistema dunar

Nível de Vulnerabilidade \ Variável	1	2	3
Rede de caminhos de acesso à praia	Aberta em pontos específicos da duna, pouco densa	Aberta em pontos específicos da duna, muito densa  Difusa, pouco densa	Difusa, muito densa
Incisão dos caminhos	Pequena (<1m)	Moderada (<2m)	Profunda (>2m)
Viaturas motorizadas nas dunas	Nenhumas	Algumas; trilhos localizados	Muitas; trilhos difusos
Equitação nas dunas	Nenhuma	Alguma; trilhos localizados	Muita; trilhos difusos
Campismo selvagem	Nenhum	Algum, disperso pelas dunas	Muito, em locais preferenciais
Campismo organizado	Nenhum	Ocupando <1/4 do sistema dunar	Ocupando >1/4 do sistema dunar
Construção	Nenhuma	Isolada  Dispersa, em <1/4 do sistema dunar	Dispersa, em >1/4 do sistema dunar  Concentrada
Extracção de areias	Nenhuma	Abundante, causando a destruição de <1/4 do sistema dunar	Abundante, causando a destruição de >1/4 do sistema dunar
Actividades ligadas à pesca	Ausentes  Presentes, mas não afectando significativamente o sistema dunar	Causando a destruição de <1/4 do sistema dunar	Causando a destruição de >1/4 do sistema dunar
Campo de golfe, campo de vólei, outros campos desportivos	Nenhum	Ocupando parcialmente o sistema dunar	Ocupando totalmente o sistema dunar
<b>Pontuação</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

**Total (%): 45%**

$4x0+3x1+3x2 = 9$	20 ----- 100%	$x = 45\%$
Total de pontuação máxima = $2 \times 10 = 20$	9 ----- x	

## Secção 5 – Estado de conservação do sistema dunar

Nível de Vulnerabilidade	1	2	3
Variável			
Ordenamento dos caminhos	Passagens sobrelevadas em pontos de acesso à praia específicos	Passadeiras em pontos de acesso à praia específicos	Caminhos não ordenados
Área com acesso limitado	Ausente e desnecessário Em <10% do sistema dunar	Entre 10% a 25% Ausente/insuficiente, mas necessário em <25% do sistema dunar	Em >25% Ausente/insuficiente, mas necessário em >25% do sistema dunar
Armadilhas de areia para reabilitação das dunas	Ausente e desnecessário Em <10% do sistema dunar	Entre 10% a 25% Ausente/insuficiente, mas necessário em <25% do sistema dunar	Em >25% Ausente/insuficiente, mas necessário em >25% do sistema dunar
Plantação nas áreas com areias móveis	Ausente e desnecessário Em <10% do sistema dunar	Entre 10% a 25% Ausente/insuficiente, mas necessário em <25% do sistema dunar	Em >25% Ausente/insuficiente, mas necessário em >25% do sistema dunar
Painéis de informação	Um ou vários, apelativos e colocados em pontos estratégicos	Um ou vários, mas desactualizados ou pouco apelativos, mal colocados	Nenhum
Vigilância e controlo de viaturas	Existente e eficaz Não necessário	Insuficiente	Nenhuma
Vigilância e controlo de equitação	Existente e eficaz Não necessário	Insuficiente	Nenhuma
Vigilância e controlo de campismo selvagem	Existente e eficaz Não necessário	Insuficiente	Nenhuma
Vigilância e controlo de construção	Existente e eficaz Não necessário	Insuficiente	Nenhuma
Vigilância e controlo de extracção de areias	Existente e eficaz Não necessário	Insuficiente	Nenhuma
Vigilância e controlo das actividades ligadas à pesca	Existente e eficaz Não necessário	Insuficiente	Nenhuma
Alimentação da praia ou da duna	Não necessário	Presente e com resultados duradouros	Necessário Presente, mas sem resultados duradouros
Obras costeiras	Inexistentes	Obras costeiras perpendiculares à linha de costa, a sotamar	Obras costeiras longitudinais, aderentes Obras costeiras perpendiculares à linha de costa, a barlamar
<b>Pontuação</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

**Total (%): 46,2%**

$4 \times 0 + 6 \times 1 + 3 \times 2 = 12$	26 ----- 100%	$x = 46,2\%$
Total de pontuação máxima = $2 \times 13 = 26$	12 ----- x	

**Secção suplementar A – Uso do solo marginal ao sistema dunar (largura da faixa considerada em função das taxas de recuo da linha de costa para 50 anos)**

Obstáculos à livre transgressão das dunas Uso do solo marginal ao sistema dunar	Não opõe obstáculos à transgressão, não influenciando a vulnerabilidade das dunas	Limita a transgressão, condicionando a vulnerabilidade das dunas	Impossibilita a transgressão, determinando uma elevada vulnerabilidade das dunas
Área não urbanizada	>75% de área de mato	>75% de área florestada	>50% de área agricultada  Não existente
Área urbanizada	Não existente	>50% de área urbana dispersa	>50% de área urbana concentrada
Outros espaços ordenados	Não existentes	>50% ocupado com campos desportivos  Existência de parque de campismo  Existência de aeródromo	
Vias de comunicação	Caminhos florestais	Estradas municipais, com pouco tráfego estival	Estradas nacionais  Vias rápidas  Estradas municipais, com tráfego estival importante  Caminhos-de-ferro
<b>Pontuação</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

**Total (%): 33,3%**

$2 \times 0 + 2 \times 1 = 2$	6 ----- 100%	$x = 33,3\%$
Total de pontuação máxima = $2 \times 3 = 6$	2 ----- x	

**Secção complementar B – Atractividade turística do sistema dunar**

Importância do afluxo potencial de visitantes Atractividade turística do sistema dunar	Determina afluxo mínimo, não influenciando a vulnerabilidade das dunas	Possibilita afluxo importante, condicionando a vulnerabilidade das dunas	Determina afluxo muito importante, determinando uma elevada vulnerabilidade das dunas
Alojamento na área enquadrante	Alojamento inexistente  Alojamento limitado em meio rural (aluguer de quartos e casas individuais)	Alojamento importante em meio rural (parque de campismo/aldeamento turístico, aluguer de quartos e casas individuais)  Alojamento importante em meio urbano (pensões, residenciais, aluguer de quartos e casas individuais)	Alojamento muito importante em meio rural (vários parques de campismo, vários aldeamentos turísticos, aluguer de quartos e casas individuais)  Alojamento muito importante em meio urbano (pensões, residenciais, hotéis, aluguer de quartos e casas individuais)
Condições de acesso e estacionamento	Inexistência de estradas de acesso  Mau acesso por estrada não pavimentada, sem parque de estacionamento	Acesso razoável por estrada e parque de estacionamento pavimentados ou não	Bom acesso por estrada e parque de estacionamento pavimentados ou não
Espaços de lazer (parque de merendas, outros)	Inexistentes	Existentes, mas mal conservados	Existentes e em bom estado de conservação
Nível de desenvolvimento da atractividade balnear	Praia em meio rural, sem vigilância e estruturas de apoio	Praia em meio rural, com vigilância e estruturas de apoio (bares)	Praia em meio urbano, com vigilância, estruturas de apoio (bares, sanitários, áreas de barracas) e área destinada a jogos
<b>Pontuação</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

**Total (%): 37,5%**

$1 \times 0 + 3 \times 1 + 0 \times 2 = 3$	8 ----- 100%	$x = 37,5\%$
Total de pontuação máxima = $2 \times 4 = 8$	3 ----- x	

## **Anexo III**



# COBERTURA VEGETAL ESPECÍFICA TOTAL E POR TRANSECTO NA ÁREA DE ESTUDO

(por ordem crescente)

Cobertura Vegetal Específica (%)								Cobertura Vegetal Específica Total (%)	
TRANSECTO 1	TRANSECTO 2	TRANSECTO 3	TRANSECTO 4	TRANSECTO 5	TRANSECTO 6	TRANSECTO 7			
Acal 0,00	Acal 0,00	Acal 0,00	Cri 0,00	Cm 0,00	Ap 0,00	Cm 0,00	Dg 0,01		
Cs 0,00	Cm 0,00	Ap 0,00	Dg 0,00	Cs 0,00	Cm 0,00	Cs 0,00	LI 0,04		
Ccan 0,00	Cs 0,00	Cm 0,00	Em 0,00	Csal 0,00	Cs 0,00	Csal 0,00	Pv 0,04		
Cri 0,00	Dg 0,00	Cs 0,00	Jt 0,00	Dg 0,00	Csal 0,00	Em 0,00	Pm 0,08		
Ccap 0,00	Ef 0,00	Csal 0,00	Lo 0,00	Epar 0,00	Dg 0,00	Epar 0,00	Ux 0,09		
Dg 0,00	Em 0,00	Cri 0,00	LI 0,00	Jt 0,00	Ef 0,00	Pc 0,00	Rp 0,10		
Em 0,00	Epar 0,00	Dg 0,00	Or 0,00	LI 0,00	Jt 0,00	Ux 0,00	Cm 0,11		
Hm 0,00	Hm 0,00	Em 0,00	Pm 0,00	Pv 0,00	Pm 0,00	Dg 0,06	Acal 0,13		
Lo 0,00	Jt 0,00	Hm 0,00	Pp 0,00	Pp 0,00	Ux 0,00	LI 0,06	Pc 0,15		
Or 0,00	Lo 0,00	Jt 0,00	Rp 0,00	Pc 0,00	LI 0,07	Pv 0,06	Cri 0,21		
Pm 0,00	LI 0,00	Lo 0,00	Ux 0,00	Rp 0,00	Ccap 0,15	Cri 0,11	Cs 0,27		
Pv 0,00	Or 0,00	LI 0,00	Acal 0,08	Ux 0,00	Pv 0,15	Jt 0,11	Hm 0,31		
Pc 0,00	Pv 0,00	Or 0,00	Csal 0,08	Acal 0,07	Pp 0,15	Pm 0,17	Csal 0,36		
Rp 0,00	Pc 0,00	Pm 0,00	Hm 0,08	Ef 0,07	Acal 0,22	Ccap 0,28	Ap 0,37		
Gram 0,00	Rp 0,00	Pv 0,00	Pv 0,08	Cri 0,15	Epar 0,22	Rp 0,34	Pp 0,37		
Cm 0,10	Ap 0,07	Pc 0,00	Ss 0,08	Pm 0,15	Pc 0,22	Acal 0,39	Ccap 0,39		
Ss 0,10	Pm 0,15	Rp 0,00	Ccan 0,24	Ap 0,30	Rp 0,22	Pp 0,56	Em 0,41		
Ef 0,20	Ss 0,30	Ux 0,00	Ccap 0,48	Ccap 0,30	Hm 0,29	Pt 0,62	Jt 0,43		
LI 0,20	Gram 0,30	Gram 0,00	Ap 0,56	Hm 0,52	Pt 0,29	Gram 0,62	Epar 0,44		
Ux 0,30	Ux 0,37	Ef 0,17	Gram 0,64	Lo 0,67	Cri 0,66	Hm 0,95	Or 0,54		
Ap 0,40	Cri 0,45	Pp 0,17	Cm 0,73	Em 0,89	Or 1,02	Ap 1,01	Lo 0,62		
Co 0,50	Csal 0,67	Ss 0,34	MI 0,81	Or 0,97	SI 1,31	SI 1,06	Ef 0,87		
Epar 0,60	Pp 0,75	Ccap 0,68	Pc 0,89	Co 1,56	Em 1,90	Co 1,12	Gram 1,17		
Pt 0,70	Ccap 0,82	Co 0,68	Epar 1,45	Ce 1,86	Lo 1,90	Lo 1,23	Co 1,47		
Aa 1,00	MI 0,97	Ccan 0,93	Co 1,45	Ccan 1,93	Gram 1,97	Or 1,29	Pt 1,62		
Pp 1,00	Pt 1,19	Epar 1,19	Cs 2,01	Aa 2,01	Ss 2,48	Ef 1,46	MI 2,51		
Ac 2,00	Co 2,02	Pt 2,63	SI 2,58	Ac 2,15	Co 2,70	MI 2,58	Ss 2,52		
Csal 2,30	Ccan 2,61	Aa 3,74	Pt 2,74	SI 2,38	MI 2,99	Ce 2,63	SI 2,58		
MI 2,40	Ce 2,84	SI 4,50	Ac 2,82	MI 3,19	Ca 3,50	Lc 3,58	Aa 3,47		
SI 3,31	SI 3,88	Ce 4,58	Lc 2,90	Pt 3,49	Aa 4,09	Aa 3,98	Ccan 3,68		
Jt 3,81	Ca 4,18	MI 4,67	Aa 3,63	Ca 3,79	Ce 6,72	Ccan 6,22	Ce 4,12		
Hi 3,91	Lc 4,18	Tc 5,26	Ef 4,03	Gram 4,31	Lc 7,15	Ss 6,27	Lc 5,84		
Lc 4,71	Hi 4,26	Lc 6,03	Cmar 4,19	Ss 5,72	Mm 9,05	Hi 6,61	Ac 6,06		
Tc 5,81	Aa 5,08	Ca 6,11	Ce 4,67	Hi 8,62	Ac 9,27	Tc 7,67	Ca 6,25		
Ce 6,71	Ac 6,42	Ac 6,88	Ca 5,24	Cmar 8,77	Tc 9,49	Ca 8,73	Hi 7,54		
Cmar 10,52	Cmar 6,95	Hi 7,81	Hi 10,48	Lc 12,56	Cmar 9,85	Mm 10,13	Tc 8,76		
Ca 13,13	Tc 8,44	Cmar 13,92	Tc 10,80	Tc 13,15	Hi 10,66	Ac 10,25	Cmar 11,04		
Mm 36,27	Mm 43,09	Mm 29,71	Mm 36,26	Mm 20,43	Ccan 11,31	Cmar 19,88	Mm 25,05		

## Simbologia das Espécies

Aa	<i>Ammophila arenaria</i>
Acal	<i>Anchusa calcarea</i>
Ac	<i>Artemisia crithmifolia</i>
Ap	<i>Armeria pungens</i>
Cm	<i>Cakile maritima</i>
Cs	<i>Calystegia soldanella</i>
Ce	<i>Carpobrotus edulis</i>
Csal	<i>Cistus salvifolius</i>
Ca	<i>Corema album</i>
Ccan	<i>Corynephorus canescens</i>
Cri	<i>Crithmum maritimum</i>
Cmar	<i>Crucianella maritima</i>
Ccap	<i>Cyperus capitatus</i>
Dg	<i>Daphne Gnidium</i>
Ef	<i>Elymus farctus</i>
Em	<i>Eryngium maritimum</i>
Epar	<i>Euphorbia paralias</i>
Hi	<i>Helichrysum italicum</i>
Hm	<i>Herniaria maritima</i>
Jt	<i>Juniperus turbinata</i>
Lo	<i>Lagurus ovatus</i>
Ll	<i>Linaria lamarkii</i>
Lc	<i>Lotus creticus</i>
Ml	<i>Malcolmia littorea</i>
Mm	<i>Medicago marina</i>
Or	<i>Ononis ramosissima</i>
Pm	<i>Pancratium maritimum</i>
Pv	<i>Pimpinella villosa</i>
Pp	<i>Pinus pinaster</i>
Pc	<i>Plantago coronopus</i>
Pt	<i>Polycarpon tetraphyllum</i>
Rp	<i>Rubia peregrina</i>
Ss	<i>Sedum sediforme</i>
Sl	<i>Silene littorea</i>
Tc	<i>Thymus carnosus</i>
Ux	<i>Ulex sp.</i>
Co	Composta não identificada
Gram	Gramínea não identificada

## **Anexo IV**



## ANEXO FOTOGRÁFICO



Figura 1 - Sistema dunar da praia do Meco, 21-06-10 (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).



Figura 2 - Zona da deposição do entulho sobre o sistema dunar da Praia do Meco com vegetação esparsa e diferente do resto do sistema, 07-07-10 (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).





Figura 3 - Caminho sobre o sistema dunar da Praia do Meco na zona da deposição do entulho, 07-07-10 (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).



Figura 4 - Caminho no topo do sistema dunar da Praia do Meco, 07-07-10 (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).





Figura 5 - Diversos caminhos sobre o sistema dunar da Praia do Meco, 29-09-10. Notar a espécie *Ammophila arenaria* no topo do sistema dunar (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).



Figura 6 - Caminho que atravessa o cordão dunar, de acesso à praia, com potencial para originar um *blowout*, 29-09-10. Notar as diversas marcas de pneus e pegadas. (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).





Figura 7 – Zona do sistema dunar da Praia do Meco em que a duna frontal se encontra degradada, 29-09-10. Notar as brechas no sistema (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).



Figura 8 - Área descoberta de vegetação no topo do sistema dunar da Praia do Meco, 07-07-10 (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).





Figura 9 - Área descoberta de vegetação no topo do sistema dunar da Praia do Meco, 07-07-10 (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).



Figura 10 - Área descoberta de vegetação no topo do sistema dunar da Praia do Meco. Notar os veículos estacionados, 07-07-10 (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).





Figura 11 - Local onde decorreu a empreitada de construção do emissário final da ETAR de Lagoa/Meco, 29-09-10. Notar a destruição das dunas embrionárias e as marcas de pneus (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).



Figura 12 - Acumulação de areia promovida por *Elymus farctus* na Praia do Meco, 29-09-10 (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).





Figura 13 - Depressão interdunar do sistema dunar da Praia do Meco, 21-06-10. Notar que esta zona se encontra coberta quase que exclusivamente pela espécie *Medicago marina* (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).



Figura 14 -Duna primária do sistema dunar da Praia do Meco, a sotavento, 30-06-10 (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).



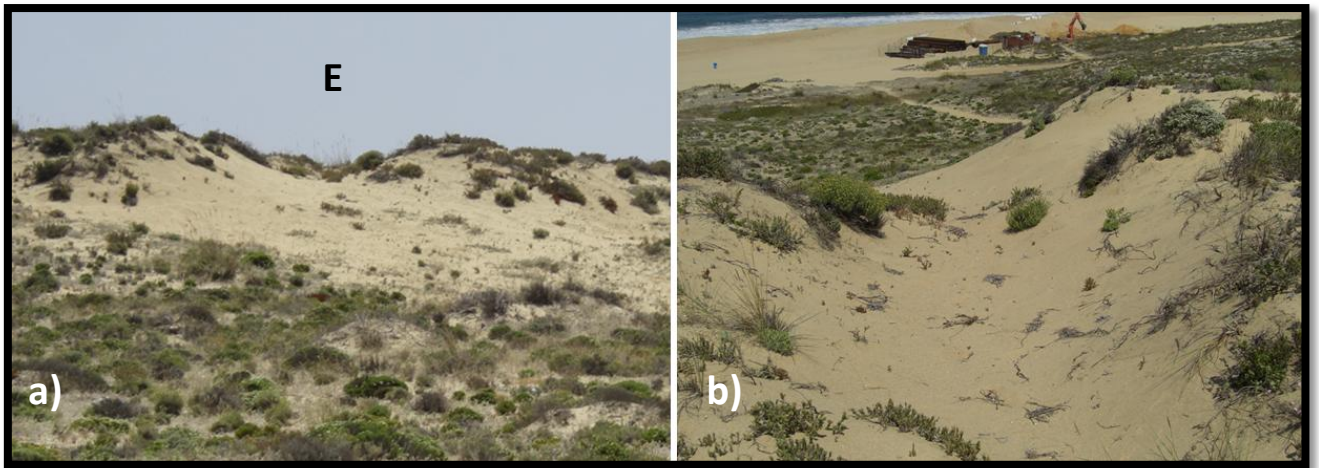


Figura 15 - *Blowout* no sistema dunar da Praia do Meco, originado possivelmente por ventos fortes ou actividades antrópicas: a) a barlavento; b) a sotavento, 21-06-10 (Fotografias: Cátia Sousa, 2010).



Figura 16 - Equipamentos de apoio sobre o sistema dunar da Praia do Meco, 29-09-10. Notar a vasta cobertura por *Carpobrotus edulis* e a faixa de areia por onde ocorre a passagem de veraneantes (Fotografia: Cátia Sousa, 2010).

