

CARACTERIZAÇÃO MORFO-ECOLÓGICA DO SISTEMA DUNAR DE PENICHE-BALEAL (COSTA OCIDENTAL PORTUGUESA)

RAQUEL PAIXÃO¹

Resumo – O sistema dunar litoral de Peniche–Baleal tem importância vital na estratégia de desenvolvimento territorial do concelho, concretizada pelo forte investimento nas actividades ligadas ao turismo e lazer. O incremento da acção antrópica directa sobre o sistema dunar, sobretudo pelo pisoteio, preponderante na redução ou eliminação da vegetação dunar, resulta na sua degradação geomorfológica e ecológica. A realização de levantamentos de campo e de seis perfis morfo-ecológicos permite (i) caracterizar a morfologia da frente dunar e do sistema dunar; (ii) identificar os diferentes tipos morfo-ecológicos de duna; (iii) reconhecer a diversidade da vegetação dunar e as principais manchas de vegetação; (iv) determinar as espécies dunares presentes nos diferentes tipos morfo-ecológicos de duna. É possível reconhecer a robustez, a elevada diversidade e o bom estado de conservação da vegetação dunar, sobretudo a sotavento da duna frontal, e um núcleo importante de *Armeria welwitschii* e *Verbascum litigiosum*, endemismos lusitanos com estatuto legal de protecção.

Palavras-chave: Litoral, sistema dunar, vegetação dunar, degradação antrópica, degradação ecológica.

Abstract – MORPHO-ECOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE PENICHE-BALEAL DUNE SYSTEM (PORTUGUESE WEST COAST). The Peniche-Baleal coastal dune system has a strategic importance on regional development, marked by considerable investment in tourism and recreational sectors. The increasing human impact on this coastal dune system caused by human trampling tends to modify its geomorphological and ecological degradation, namely sand dune vegetation reduction. The morpho-ecological characterization of the coastal dune system was accomplished by six morpho-ecological profiles as well as data from field surveys that allowed the (i) characterisation of foredune morphology and coastal dune system morphology; (ii) identification of different morpho-ecological coastal dunes types; (iii) identification of sand dune vegetation diversity and main spatial mosaics; (iv) identification of sand dune species of the different morpho-ecological coastal dunes types. As a result, sand dune vegetation shows high biodiversity and good conservation

Recebido: Maio 2012. Aceite: Fevereiro 2013.

¹ Investigadora do CEG-IGOT-UL, núcleo SLIF – Sistemas Litorais e Fluviais: Dinâmicas, Mudanças Ambientais e Ordenamento do Território. E-mail: raquelpaixao@campus.ul.pt

conditions especially landward. It is possible to identify two important Portuguese endemic sand dune species – *Armeria welwitschii* and *Verbascum litigiosum* – with legal protection status.

Keywords: Coast, dune system, sand dune vegetation, anthropogenic degradation, ecological degradation.

Resumé – CARACTERISATION MORPHO-ÉCOLOGIQUE DU SYSTEME DUNAIRE DE PENICHE-BALEAL (LITTORAL OCCIDENTAL DU PORTUGAL). Le système dunaire côtier de Peniche-Baleal a une importance vitale pour le développement territorial de cette municipalité, comme le montrent ses investissements dans les activités économiques liées au tourisme et aux loisirs. L'impact humain croissant sur le système dunaire, en particulier le piétinement, a conduit à sa dégradation géomorphologique et écologique, par la réduction de la végétation dunaire. La caractérisation du système dunaire a été faite à partir de six profils morpho-écologiques et d'enquêtes sur le terrain, qui ont permis (i) la caractérisation de la morphologie de la dune frontale et du système dunaire; (ii) l'identification des différents types morpho-écologiques dunaire; (iii) la reconnaissance de la diversité de la végétation dunaire et des mosaïques de végétation les plus importantes; (iv) l'identification des espèces dunaire présentes dans des différents types morpho-écologiques. La robuste végétation dunaire possède une biodiversité élevée et est bien conservée, surtout vers l'intérieur. On a identifié deux importantes espèces endémiques lusitaniennes – *Armeria welwitschii* et *Verbascum litigiosum* – qui sont légalement protégées.

Mots-clés: Littoral, système dunaire, végétation dunaire, dégradation humaine, dégradation écologique.

I. SISTEMAS DUNARES LITORAIS: IMPORTÂNCIA E VULNERABILIDADE

Os sistemas dunares litorais são muito dinâmicos e complexos, providos de mobilidade devido à localização estratégica que ocupam na interface oceano-plataforma litoral. Apresentam uma distribuição geográfica global em estreita relação com a existência de praias arenosas fornecedoras de sedimentos e de condições favoráveis de vento, agitação marítima e vegetação dunar.

Constituem, por excelência, uma protecção natural das terras emersas à acção erosiva das ondas. Esta função torna-se particularmente relevante no contexto da generalização do fenómeno de litoralização do território e da subida relativa e centenária do nível médio do mar, uma vez que os sistemas dunares litorais constituem muitas vezes o único obstáculo entre o oceano e populações, bens e infraestruturas litorais. A subida relativa do nível médio do mar, com valores estimados na ordem dos 470 mm até final do século XXI em Portugal (Antunes e Taborda, 2009), será particularmente gravosa para os sistemas dunares litorais, muito vulneráveis por serem compostos por sedimentos não consolidados, transportados pelo vento e parcialmente estabilizados pela vegetação dunar (Carter, 1991; Viles e Spencer, 1995; Schwartz, 2005). Será potencialmente um factor desencadeante de graves problemas litorais, sobretudo os relacionados com a erosão marinha, o recuo da linha de costa e a destruição de infraestruturas litorais.

Adicionalmente, os sistemas dunares litorais (i) detêm elevado interesse na conservação da natureza e biodiversidade, porque acolhem inúmeras espécies de flora e fauna, muitas delas endêmicas e com estatuto de protecção (Lomba *et al.*, 2008; Maun, 2009); (ii) estabelecem uma relevante plataforma de desenvolvimento económico, devido à elevada presença de actividades relacionadas com o turismo e lazer.

O intenso desenvolvimento urbano e turístico dos últimos 40 anos resultou na destruição e degradação antrópica de cerca de 75% dos sistemas dunares litorais de países mediterrânicos, casos de França, Espanha, Portugal, Grécia, Israel e Tunísia (van der Meulen e Salman, 1996). Com efeito, as actividades económicas relacionadas com o turismo e lazer, ao elevarem a atractividade dos sistemas dunares litorais enquanto espaços de lazer, incrementam a sua pressão antrópica (ocupação e uso antrópico), principalmente durante os meses de Verão, originando fortes modificações geomorfológicas e ecológicas que condicionam a sua capacidade de resiliência e vulnerabilidade biofísica, com conseqüente degradação, como evidenciam Carter (1988), Viles e Spencer (1995), Schwartz (2005) e Ramos-Pereira (2008). A este propósito, Carter (1988) e Maun (2009) afirmam que o pisoteio e o desenvolvimento de redes de caminhos não ordenados (trilhos), decorrentes da acção antrópica directa sobre o sistema dunar, resultam na sua degradação geomorfológica e ecológica. Caminhos não ordenados com elevada intensidade de uso são preponderantes na redução ou eliminação da vegetação dunar. Em consequência, verifica-se um aumento das áreas não vegetadas que, com o tempo, são erodidas pelo vento e evoluem para brechas e *blowouts*.

A vegetação dunar é considerada essencial por diversos autores para a evolução dos sistemas dunares litorais porque (i) constitui um obstáculo ao livre-trânsito dos sedimentos eólicos, permitindo a sua deposição; (ii) favorece a estabilização da duna, fixando e agregando os sedimentos não consolidados com o seu sistema radicular (Carter, 1988; Neto, 1993; Viles e Spencer, 1995; Costa, 2001; Ramos-Pereira, 2001, 2008; Hesp, 2002, 2004; Goudie, 2003; Maun, 2009). Aqueles autores concluem que o aumento da intensidade e frequência do pisoteio varia inversamente com a diversidade, a taxa de cobertura e o estado de conservação da vegetação dunar. Muito interessante é também a relação que Carter (1988) e Short e Hesp (1982 *in* Hesp, 2002) estabelecem entre a morfologia da duna frontal e a vegetação dunar, verificando que a elevada taxa de cobertura da vegetação (90-100%) tende a definir e preservar a morfologia da duna frontal e, ao invés, que a diminuição da taxa de cobertura da vegetação origina a sua fragmentação morfológica.

Assim, a monitorização da vegetação dunar – número de espécies, diversidade florística, taxa de cobertura, estado de conservação, associações fitossociológicas – constituiu um importante indicador da degradação, resiliência e vulnerabilidade biofísica dos sistemas dunares litorais, uma vez que a resposta da vegetação dunar a mudanças ambientais no ecossistema, induzidas por factores naturais ou antrópicos, é imediata.

II. OBJECTIVOS E METODOLOGIA

O estudo do sistema dunar litoral de Peniche-Baleal tem como objectivo identificar as suas características morfo-ecológicas avaliadas por levantamentos de campo em todo o sistema dunar e, particularmente, ao longo de seis perfis morfo-ecológicos. Esta metodologia permite (i) caracterizar a morfologia da frente dunar e do sistema dunar; (ii) identificar os diferentes tipos morfo-ecológicos de duna; (iii) reconhecer a diversidade da vegetação dunar e das principais manchas de vegetação; (iv) determinar o número de espécies dunares presentes nos diferentes tipos morfo-ecológicos de duna. Permite avaliar, simultaneamente, o estado de degradação geomorfológica e ecológica do sistema dunar, o que é de grande utilidade para propor medidas de ordenamento e gestão que assegurem o seu uso sustentável.

Saliente-se que os seis perfis morfo-ecológicos não consideram qualquer método fitossociológico ou escala de abundância-dominância. A informação recolhida enumerou as espécies dunares para cada um dos perfis, de acordo com a sua presença nos diferentes tipos morfo-ecológicos de duna: duna branca, duna cinzenta e duna verde. Esta diferenciação fundamentou-se em critérios (i) topográficos; (ii) de mobilidade e instabilidade dos sedimentos; (iii) de presença ou ausência de espécies características de vegetação dunar; (iv) de taxa de cobertura da vegetação dunar.

Os perfis morfo-ecológicos – P1, P2, P3, P4, P5 e P6 – foram realizados na Primavera de 2008 (dia 2 de Maio de 2008), período em que as espécies dunares iniciam o seu ciclo de vida e/ou época de floração, transversalmente ao sistema dunar. Iniciaram-se a sotavento, junto à Estrada Municipal nº578, e finalizaram-se na face da praia (fig. 1). As espécies dunares presentes foram identificadas numa faixa de quatro metros de largura (2 m para cada lado do perfil). Na impossibilidade de identificar *in situ* algumas das espécies, foram recolhidos exemplares de folhas e flores para posterior identificação. Utilizaram-se duas unidades GPS com correcção diferencial em tempo real ou pós-processamento, marca Magellan® Professional ProMark™3, que permitiram recolher sistematicamente coordenadas x, y, z em modo cinemático *stop & go* (a aquisição de cada ponto teve a duração de 15 segundos). Estes instrumentos apresentam uma fiabilidade no posicionamento horizontal de 0,012 m+2,5ppm e no posicionamento vertical de 0,015m+2,5ppm. O pós-processamento dos dados realizou-se com recurso a uma base virtual de referência disponibilizada pelo serviço Rede SERVIR (Sistemas de Estações de Referência de GPS Virtuais) no *site* do Instituto Geográfico do Exército (IGeoE), que possibilitou a correcção das coordenadas WGS 84 para coordenadas rectangulares referentes ao *datum* de Lisboa (Lisboa Hayford Gauss IGeoE), utilizando o *software* GNSS Solutions 3.00.07. Após a correcção, os ficheiros foram incorporados num Sistema de Informação Geográfica (ArcGIS 9), onde foi efectuada a projecção dos perfis.

Adicionalmente consultou-se documentação cartográfica e estatística, que foi fundamental no apoio aos levantamentos de campo, na realização dos perfis

morfo-ecológicos e na caracterização das condições climáticas e do clima de agitação marítima representativas da área de estudo. A documentação cartográfica utilizada foi: (i) a Carta Militar na escala de 1:25 000, folha nº337 Peniche, em formato analógico, nas várias edições disponíveis (1938, 1942, 1965 e 2004), do IGeoE; (ii) o ortofotomapa na escala de 1:10 000, em formato *raster*, ano de 2005, do IGeoE. A documentação estatística consultada consistiu (i) nas Normais Climatológicas da Região de “Ribatejo e Oeste”, 1951-1980, do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG, 1991), referentes à estação meteorológica de Cabo Carvoeiro (coordenadas geográficas 39°21’N, 09°24’W, altitude 32 m); (ii) nos dados das bóias ondógrafo de Leixões (coordenadas geográficas 41°19’00’’N, 08°59’00’’W, profundidade 83 m) e Sines (37°55’16’’N, 08°55’44’’W, profundidade 97 m), período de 1999-2009, disponibilizadas no *site* do Instituto Hidrográfico (IH).

III. ÁREA DE ESTUDO: SISTEMA DUNAR LITORAL DE PENICHE-BALEAL

O sistema dunar de Peniche-Baleal localiza-se na costa ocidental de Portugal Continental, no concelho de Peniche. A área de estudo possui 1,06 km², e restringe-se ao troço litoral compreendido entre os tómbolos de Peniche e do Baleal, com limite interior a coincidir com a Estrada Municipal nº578, que liga os núcleos urbanos de Peniche e Baleal, atravessando o sistema dunar (fig. 1).

O clima regional é temperado húmido, com Verão seco e quente. De acordo com os dados de 1991 do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG, 1991), a precipitação anual atinge 591,2 mm e o período chuvoso estende-se de Outubro a Abril. A temperatura média anual do ar é 15,0° C, e a média máxima anual é 17,3° C. Os meses mais quentes, Agosto e Setembro, registam uma temperatura média máxima anual de 20,4° C. A humidade atmosférica média anual é 83,3%. O vento é dominante de Norte durante grande parte do ano, sobretudo nos meses a que corresponde o período estival (Maio a Setembro), facilitando a mobilização eólica das areias de praia, com um total de 35,3% das observações anuais, atingindo uma velocidade média anual de 19,4 km/h.

O clima regional de agitação marítima é caracterizado pelo contraste entre Verão, com ondulação mais moderada ($H_s \leq 2,5$ m e $H_{max} \leq 5$ m), e Inverno, com ondulação mais energética ($H_s \geq 2,5$ m e $H_{max} \geq 5$ m), verificando-se situações extremas em que $H_s \geq 7,5$ m e $H_{max} \geq 10$ m, como revelam os dados do Instituto Hidrográfico (IH). Com efeito, Pires (1989 *in* Neves, 2006) e Ramos-Pereira (2001) reconhecem que a hidrodinâmica é mais energética no Inverno marítimo, devido a situações atmosféricas caracterizadas por organismos ciclónicos e sistemas frontais no oceano. A direcção da ondulação incidente é proveniente do quadrante NW, a mais frequente na costa ocidental portuguesa, ocorrendo em média 280 dias/ano, como afirma Ramos-Pereira (2001).

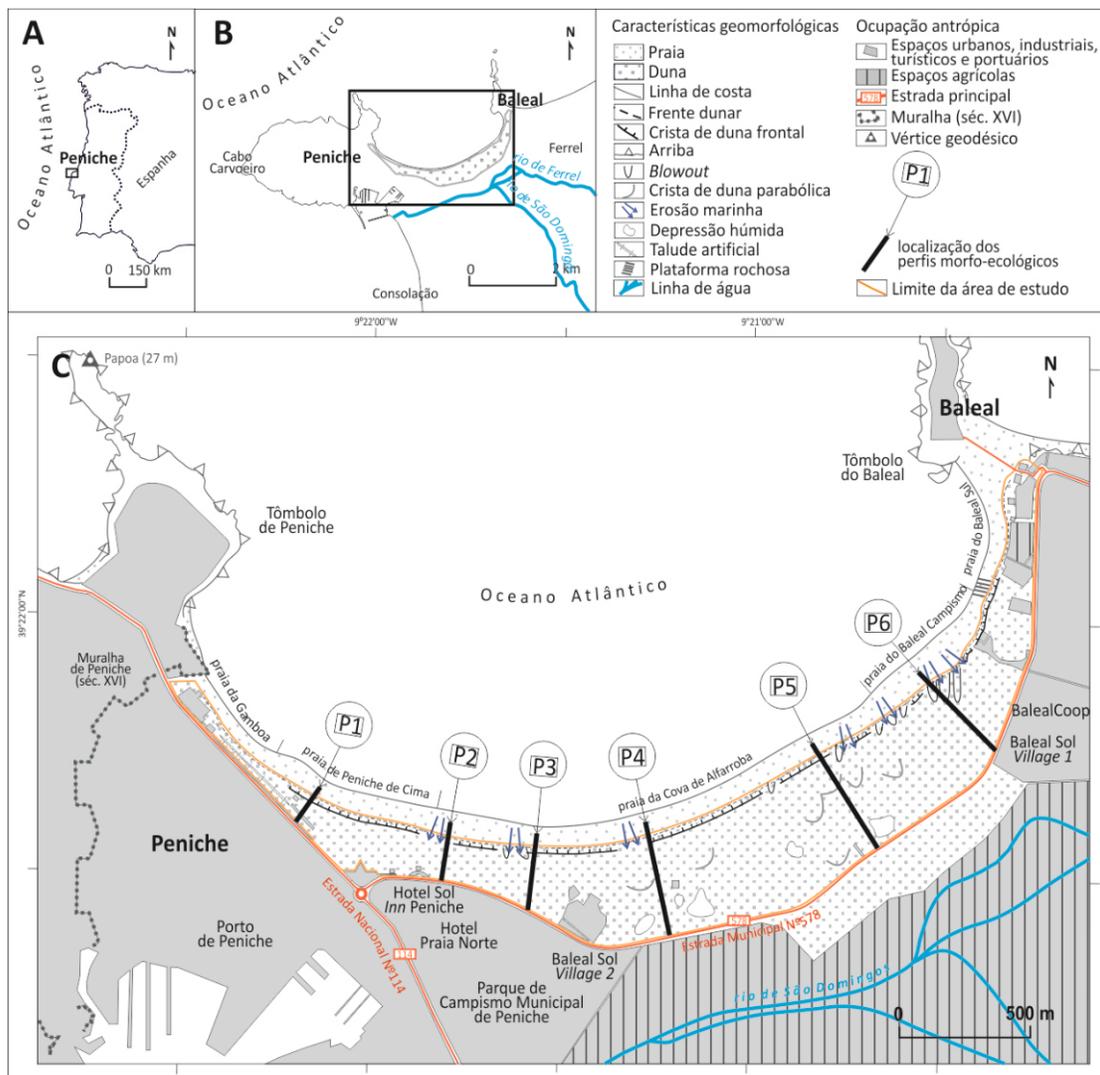


Fig. 1 – Localização geográfica da Península de Peniche (A) e do sistema dunar litoral de Peniche-Baleal (B). Esquízo geomorfológico do sistema dunar e área envolvente, com localização dos perfis morfo-ecológicos (C).

Fig. 1 – Peniche peninsula (A) and Peniche-Baleal coastal dune system location (B). Geomorphological sketch of the coastal dune system and surrounding area, indicating morpho-ecological profiles' location (C). (See coloured version online)

O sistema dunar constitui, de acordo com França *et al.* (1960), uma vasta área de acumulação de sedimentos herdados do Holocénico. É um troço litoral baixo e arenoso, marginado por imponentes relevos constituídos por rochas jurássicas, calcários e arenitos com cerca de 70 milhões de anos (França *et al.*, 1960), talhadas em arriba – os promontórios rochosos contíguos aos tómbolos de Peniche e do Baleal – que atingem 30 m de altitude. Apresenta uma praia estreita (com largura ≤ 80 m), em forma de arco, que se estende por cerca de 3,5 km com exposição Norte. A largura do sistema dunar é variável, atingindo nos troços mais largos cerca de 500 m. No extremo ocidental, junto

ao núcleo urbano de Peniche, na praia da Gamboa, a duna frontal foi estabilizada artificialmente na década de 1980, de acordo com Henriques e Neto (2002).

O sistema dunar exerce elevada atractividade turística, em consequência (i) da sua posição geográfica, inserido numa das mais populosas e desenvolvidas regiões de Portugal Continental – a Região Oeste – a apenas 90 km de distância de Lisboa; (ii) das óptimas condições de acessibilidade, em virtude da proximidade da Estrada Municipal nº578, da Estrada Nacional nº114 e do IP6; (iii) das suas características climáticas e geomorfológicas, com clima ameno e uma praia extensa; (iv) da presença de praias sucessivamente galardoadas com o prémio Bandeira Azul desde 2004 (exemplo das praias da Gamboa, da Cova da Alfarroba e do Baleal Sul); (v) da presença de vários estabelecimentos hoteleiros (hotéis, apartamentos turísticos, *surf camps*) e parques de campismo; (vi) da forte aposta do concelho de Peniche nas práticas desportivas ligadas ao *surf* (*surf*, *windsurf*, *bodyboard*, *kitesurf*), sustentada pela realização anual de diversos eventos desportivos nacionais e internacionais e pelo desenvolvimento da marca territorial “Peniche – Capital da onda”.

Esta elevada atractividade turística tem consequências no incremento da acção antrópica directa sobre o sistema dunar, sobretudo pelo pisoteio, que estará na origem de uma disseminada rede de caminhos não ordenados, com 27,4 km de extensão, particularmente densa sobre a duna frontal, como salientam Ramos-Pereira *et al.* (2008) e Paixão (2011a, 2011b). Os caminhos não ordenados sobre a duna frontal têm largura entre 0,5-7,0 m, e cerca de 9 km de extensão (fig. 2), valor excessivamente elevado tomando em consideração que a área do sistema dunar tem apenas 1,06 km². Como se observa na figura 2, a densidade de caminhos na crista da duna frontal é muito elevada.

Segundo Carter (1998) e Hesp *et al.* (2010) as cristas de duna são elementos morfológicos muito vulneráveis ao pisoteio, uma vez que nestas áreas declivosas e elevadas, a acção do vento e da gravidade favorece a sua degradação, reduzindo a sua resiliência.

IV. CARACTERIZAÇÃO MORFO-ECOLÓGICA

O litoral é um ambiente específico para a vegetação, devido à influência de diversas condicionantes ecológicas: (i) a instabilidade dos sedimentos; (ii) a acção mecânica do vento e do oceano; (iii) a salinidade do solo e do ar; (iv) a deficiente disponibilidade de água e nutrientes (Carter, 1988; Neto, 1993; Costa, 2001; Maun, 2009). A vegetação dunar sobrevive a tais condições, porque desenvolveu diversas adaptações morfológicas que lhe permitem colonizar condições ambientais muito específicas (Costa, 2001; Lomba *et al.*, 2008).

Em resultado da estabilização dos sedimentos, da diminuição do gradiente de salinidade e do aumento de nutrientes no solo, do litoral para o interior, a vegetação dunar apresenta maior complexidade, diversidade e abundância. Este é o princípio básico da sucessão morfo-ecológica, *i.e.*, o processo natural de substituição progressiva das comunidades de plantas pioneiras por comunidades de plantas mais complexas e evoluídas, que ocorre em resultado de mudanças dos factores bióticos e

abióticos do ecossistema (Maun, 2009), característico dos sistemas dunares litorais, que relaciona padrões morfológicos – morfodinâmica – com a presença de determinadas espécies dunares.

No sistema dunar litoral de Peniche-Baleal, as dunas embrionárias, também designadas por *nebkhas* (Neto, 1993; Hesp, 2002, 2004; Goudie, 2003), que correspondem a pequenas acumulações de sedimentos formados no limite interior da praia alta, acima do nível do mar em preamar viva, onde a ondulação e as marés depositam detritos orgânicos que fornecem abrigo e nutrientes necessários para o crescimento de algumas plantas pioneiras herbáceas, exemplo do *Elymus farctus* (feno-das-areias), são incipientes ou ausentes. Foram identificadas principalmente a barlavento das armadilhas de areia implementadas na praia de Peniche de Cima. A sua ausência na restante área de estudo será justificada pela degradação precoce destas formas, por acção da erosão marinha ou da acção antrópica, como foi possível observar nos levantamentos de campo. A primeira, devido à ocorrência de ondas de tempestade com picos de $H_{\max} \geq 10$ m, que facilmente galgam a praia alta e atingem a frente dunar formando micro-arribas de erosão; a segunda, devido ao incorrecto uso das dunas embrionárias e da duna frontal como extensão da praia, por parte dos veraneantes.

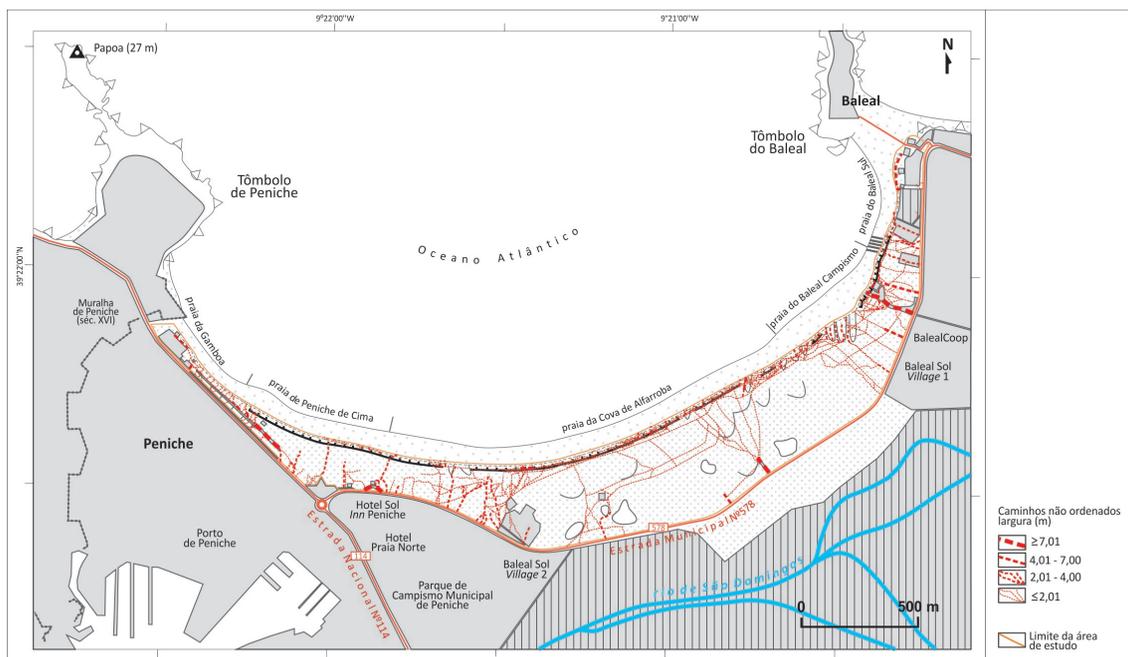


Fig. 2 – Rede de caminhos não ordenados no sistema dunar de Peniche-Baleal (Primavera de 2008).

Fig. 2 – Peniche-Baleal coastal dune system path network (spring, 2008). (See coloured version online)

A duna branca, ou duna móvel, equivalente à duna frontal (Hesp, 2002), é caracterizada pela elevada instabilidade dos sedimentos e reduzida colonização vegetal. Apresenta uma morfologia fragmentada, moldada em cristas em forma de cúpula devido à presença de brechas e *blowouts*, alguns de dimensão considerável (largura entre 2-10 m, ou mesmo superior, fig. 2), localizadas sobretudo nos troços que correspondem às praias de Peniche de Cima e do Baleal Campismo. Esta morfologia corresponderá à morfologia tipificada pelos Estágios 3 e 4 da classificação morfodinâmica proposta por Carter (1988) e Short e Hesp (1982 *in* Hesp, 2002), caracterizada pela menor taxa de cobertura da vegetação dunar (entre 20-75%) e pela degradação da morfologia da frente dunar (maior fragmentação dunar e presença de *blowouts*). A duna branca está colonizada por tufos de vegetação descontínua, onde predomina a espécie pioneira *Ammophila arenaria* (estorno), muito importante na retenção e fixação de sedimentos eólicos (fig. 3A e 3B). Esta espécie é considerada por diversos autores, como Carter (1988) e Maun (2009), a planta por excelência “construtora” de dunas. A parte aérea da planta constitui um obstáculo ao livre-trânsito dos sedimentos eólicos, acumulando-os, e o seu sistema radicular, composto por raiz e rizoma, permite a propagação vertical e horizontal da planta, aglomerando os sedimentos e estabilizando-os. As plantas desenvolvem-se rapidamente, mesmo quando soterradas temporariamente, e as raízes podem atingir 5 m de profundidade. Investigação preliminar realizada por Olson (1958 *in* Maun, 2009) revela que o efeito de rugosidade da espécie *Ammophila* chega a ser 30 vezes superior em relação a areias não vegetadas.

A duna cinzenta, ou duna penestabilizada, que sucede para sotavento à duna branca, está parcialmente colonizada por vegetação subarbusciva. Apresenta grande diversidade e abundância de vegetação dunar, exemplo de *Artemisia crithmifolia* (madorneira), *Crucianella maritima* (granza-da-praia), *Eryngium maritimum* (cardo-marítimo), *Euphorbia paralias* (morganheira-das-praias), *Helichrysum italicum* ssp. *picardii* (perpétua-das-areias), *Malcolmia littorea* (goivo-da-praia), *Ononis natrix* ssp. *ramosissima* (jóina-dos-matos), *Otanthus maritimus* (cordeirinho-da-praia), *Pancratium maritimum* (narciso-das-areias), *Sedum sediforme* (pinheirinha-das-areias), entre outras (fig. 3A e 3B).

A duna verde, ou duna estabilizada, que sucede à duna cinzenta, corresponde a áreas mais interiores do sistema dunar litoral, onde os sedimentos estão completamente estabilizados pela elevada presença de vegetação que pode atingir porte arbóreo. É caracterizada pela presença descontínua, em pequenos núcleos, de uma formação arbustiva, por vezes alta e densa, de *Juniperus turbinata* (zimbro-das-areias), localizada em algumas áreas junto à Estrada Municipal nº578 (fig. 3A e 3B). Esta espécie, segundo Costa (2001), representa a etapa mais evoluída dos sistemas dunares litorais mediterrâneos e é acompanhada por espécies características como o *Antirrhinum majus* (boca-de-lobo) e a *Rubia peregrina* (granza-brava).

Em toda a extensão do sistema dunar, nos distintos tipos morfo-ecológicos de duna, é notória a presença de *Carpobrotus edulis* (chorão-da-praia) (fig. 3A e 3B). Esta planta exótica de origem sul-africana, disseminada por todo o litoral português

(e mundial!), possui estatuto legal de planta invasora em Portugal, instituído pelo Decreto-Lei nº565/99 de 21 de Dezembro. Constitui uma ameaça à biodiversidade dos sistemas dunares litorais, devido ao seu vigoroso crescimento em manchas impenetráveis e à capacidade de acidificar o solo para seu próprio proveito, competindo activamente com as espécies autóctones, substituindo-as, e impedindo o seu correcto desenvolvimento.

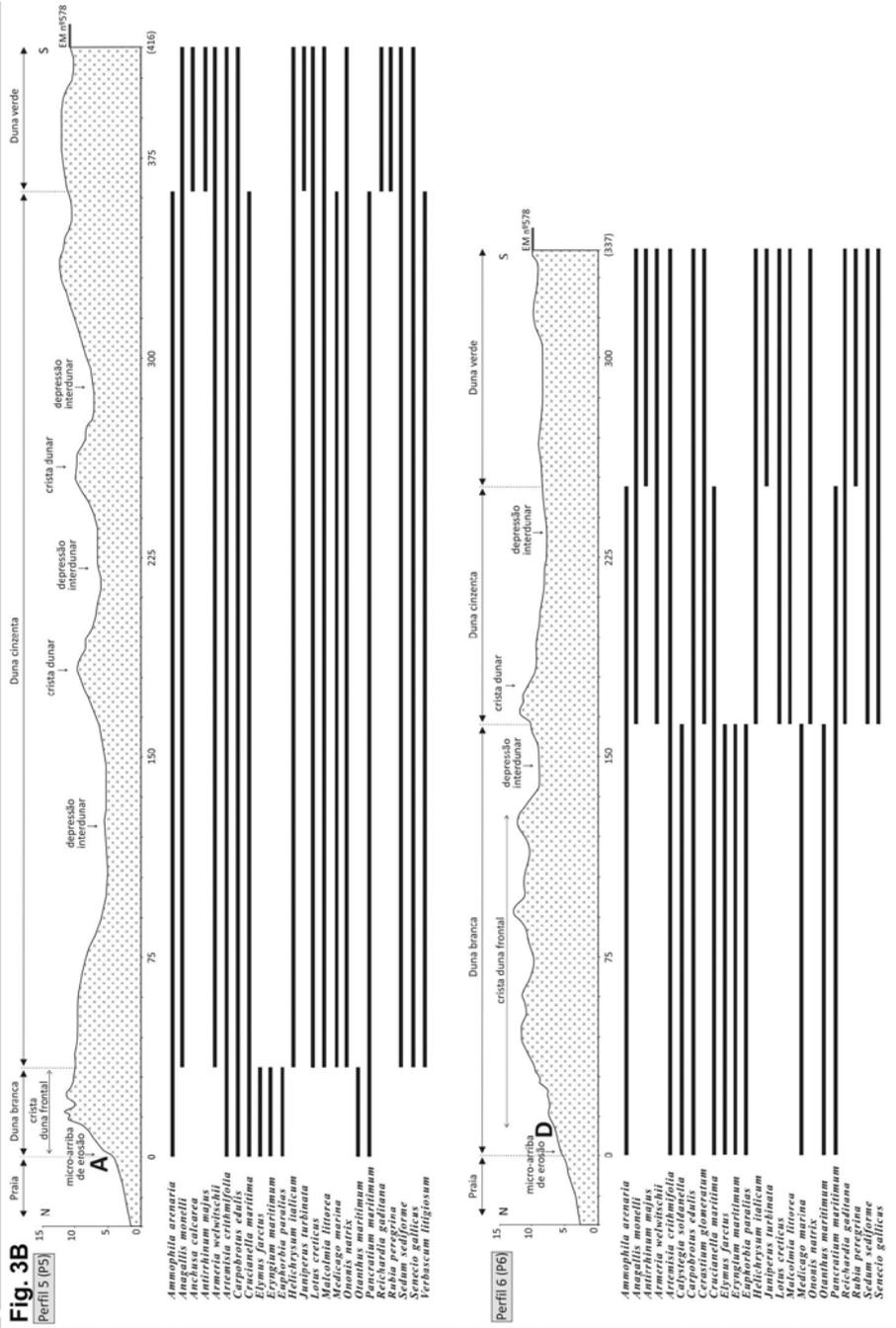
Por fim, importa referir a presença de duas importantes espécies endémicas lusitanas – *Armeria welwitschii* (erva-divina) e *Verbascum litigiosum* (verbasco-de-flores-grossas) – típicas da duna cinzenta, mas também presentes em áreas limítrofes da duna verde (fig. 3A e 3B). Ambas as espécies possuem estatuto legal de protecção em Portugal (instituído pelo Decreto-Lei nº140/99 de 24 de Abril, anexos B II b e B IV b) e estão incluídas na Rede Natura 2000 (Directiva do Conselho 92/43/CEE de 21 de Maio – Directiva Habitats, anexos II b e IV b). A sua importância é tão significativa que, para efeitos de conservação da natureza e biodiversidade, a Rede Natura 2000 distinguiu o Sítio de Importância Comunitária Peniche/Santa Cruz PTCON0056 (Resolução do Conselho de Ministros nº76/2000 de 5 de Julho). Este documento classifica cinco *habitats* com diversidade florística muito relevante: (i) dunas móveis embrionárias (*habitat* 2110); (ii) dunas brancas com *Ammophila arenaria* (*habitat* 2120); (iii) dunas cinzentas com vegetação herbácea dominada por *Armeria welwitschii* (*habitat* 2130); (iv) depressões húmidas interdunares (*habitat* 2190); (v) dunas litorais com espécie *Juniperus* (*habitat* 2250). Destes, são *habitats* prioritários as dunas cinzentas com vegetação herbácea dominada por *Armeria welwitschii* e as dunas litorais com espécie *Juniperus*.

Fig. 3A – Perfis morfo-ecológicos do sistema dunar de Peniche-Baleal (Primavera de 2008).
As letras nos perfis localizam as fotos na figura 4.

*Fig. 3A – Peniche-Baleal coastal dune system morpho-ecological profiles (spring, 2008).
Letters in bold indicate pictures' location in figure 4.*

Fig. 3B – Perfis morfo-ecológicos do sistema dunar de Peniche-Baleal (Primavera de 2008).
As letras nos perfis localizam as fotos na figura 4.

*Fig. 3B – Peniche-Baleal coastal dune system morpho-ecological profiles (spring, 2008).
Letters in bold indicate pictures' location in figure 4.*



O quadro I resume as características específicas dos perfis morfo-ecológicos, de ocidente para oriente.

Quadro I – Caracterização dos perfis morfo-ecológicos realizados no sistema dunar litoral de Peniche-Baleal (Primavera de 2008).

Table I – Peniche-Baleal coastal dune system morpho-ecological profiles characterization (spring, 2008).

Localização	Características	
	Morfológicas	Ecológicas
P1 Troço ocidental, junto à praia de Peniche de Cima	126 m de comprimento (o mais modesto no conjunto dos perfis); a crista de duna frontal está bem definida, atingindo 14 m de altitude devido à sua artificialização; contacta com a Estrada Municipal nº578 por um talude artificial declivoso.	Identifica-se apenas a duna branca e 16 espécies dunares distintas; a duna branca, dominada por <i>Ammophila arenaria</i> , estende-se por cerca de 90 m até contactar com o talude artificial; a duna cinzenta e verde estão ausentes devido à artificialização da duna, estabilizada com <i>Carpobrotus edulis</i> .
P2 Troço inicial da praia da Cova de Alfarroba	156 m de comprimento; a morfologia dunar é incipiente, sem clara definição de crista de duna frontal devido à mobilidade dos sedimentos.	Identificam-se a duna branca e a duna verde e 19 espécies dunares distintas; a duna branca, dominada por <i>Ammophila arenaria</i> , é atipicamente extensa (125 m); o seu comportamento transgressivo conduziu ao desaparecimento da duna cinzenta, contactando directamente com um pequeno retalho de duna verde, com 40 m de extensão, apenas reconhecível pela presença de um núcleo de <i>Juniperus turbinata</i> com porte arbustivo.
P3 Praia da Cova de Alfarroba	208 m de comprimento; apesar da degradação da morfologia da frente dunar, recortada por várias brechas, é possível reconhecer uma crista dunar com 14 m de altitude; a duna prolonga-se para sotavento numa superfície plana com altitude ≤ 6 m.	Identificam-se os três tipos morfo-ecológicos de duna e 27 espécies dunares distintas; a duna branca, fortemente colonizada por <i>Ammophila arenaria</i> , prolonga-se por cerca de 60 m e apresenta uma morfologia muito fragmentada; sucede-lhe a duna cinzenta (cerca de 45 m) dominada pelo endemismo <i>Armeria welwitschii</i> ; a duna verde, bastante extensa (120 m), possui vários núcleos de <i>Juniperus turbinata</i> .
P4 Troço central da praia da Cova de Alfarroba	388 m de comprimento; reconhece-se a crista de duna frontal, degradada, com a 13 m de altitude, duas cristas dunares a altitude inferior a 10 m, e duas depressões interdunares à cota de 5 m.	Identificam-se os três tipos morfo-ecológicos de duna e 25 espécies dunares distintas; a duna branca, dominada por <i>Ammophila arenaria</i> , prolonga-se por cerca de 35 m e possui uma morfologia muito degradada; a duna cinzenta, com cerca de 240 m de extensão, é colonizada pelos dois endemismos lusitanos; a duna verde (100 m) possui alguns núcleos dispersos de <i>Juniperus turbinata</i> .
P5 Troço terminal da praia da Cova de Alfarroba	416 m de comprimento, o mais extenso no conjunto dos perfis; exhibe uma morfologia dunar moldada pela crista de duna frontal e três cristas dunares que atingem 10-13 m de altitude, e três depressões interdunares à cota de 5-7 m.	Identificam-se os três tipos morfo-ecológicos de duna e 24 espécies dunares distintas; a duna branca, dominada pela espécie <i>Ammophila arenaria</i> , prolonga-se por cerca de 30 m e apresenta uma morfologia muito fragmentada; a duna cinzenta, com cerca de 350 m acolhe os dois endemismos lusitanos; a duna verde ocupa um pequeno nicho (50 m) colonizado por <i>Juniperus turbinata</i> .
P6 Troço oriental, junto à praia do Baleal Campismo	337 m de comprimento; a crista de duna frontal atinge 12 m de altitude, está muito degradada, devido à presença de brechas e <i>blowouts</i> ; a sotavento da duna frontal identifica-se uma crista dunar que atinge 12 m de altitude, e duas depressões interdunares à cota de 8-9 m.	Identificam-se os três tipos morfo-ecológicos de duna e 24 espécies dunares distintas; a duna branca, dominada por <i>Ammophila arenaria</i> , exhibe uma dimensão atípica com cerca de 165 m e uma morfologia muito degradada; contacta com a duna cinzenta transgredindo-a e reduzindo a sua dimensão para 90 m; a duna verde, com cerca de 90 m, exhibe vários núcleos de <i>Juniperus turbinata</i> .

V. PERFIS MORFO-ECOLÓGICOS: RESULTADOS E DISCUSSÃO

A duna frontal ergue-se sobranceira à praia alta, exibindo uma micro-arriba de erosão marinha em todos os perfis, mais pronunciada em P3, P4 e P5 (fig. 4A). A acção do mar origina danos na morfologia da duna frontal e na vegetação dunar, como é possível constatar em P3 (fig. 4B). Essa parte da duna atinge altitudes entre 10-15 m, é máxima em P1 devido à artificialização a que foi sujeita. Em P1, a crista de duna frontal é interrompida por um caminho não ordenado com cerca de 12 m de largura (fig. 4C).

A morfologia da duna frontal encontra-se bastante fragmentada em todos os perfis, como se vê pela presença de várias brechas, que em P6 possuem largura ≥ 6 m (fig. 4D). Apresenta uma dimensão atípica, sobretudo nos perfis P2 e P6, devido ao comportamento claramente transgressivo dos sedimentos, como foi possível observar nos levantamentos de campo. A instabilidade dos sedimentos eólicos será consequência da menor taxa de cobertura da vegetação dunar e da maior degradação antrópica devido ao pisoteio (fig. 4E e fig. 2). Com efeito, estes perfis localizam-se nos extremos oriental e ocidental do sistema dunar, nas proximidades dos núcleos urbanos de Peniche e Baleal, respectivamente, onde a pressão antrópica e a atractividade turística são mais elevadas devido ao maior desenvolvimento da actividade balnear e à proximidade de vários empreendimentos turísticos, condição que atrai maior número de veraneantes, turistas e desportistas.

O sistema dunar prolonga-se para o interior na plataforma litoral, evidenciando uma topografia caracterizada pela presença de algumas cristas e depressões interdunares, elementos apenas observáveis em P4, P5 e P6, os mais extensos no conjunto dos perfis (fig. 4F).

A vegetação dunar presente nos seis perfis morfo-ecológicos tem correspondência com a vegetação característica tanto da duna branca, como da duna verde e da duna cinzenta.

A *Ammophila arenaria* é dominante na duna branca e cresce vigorosamente, sobretudo nas cristas de duna frontal. Ocorre ainda a sotavento da duna frontal e nas áreas limítrofes da duna cinzenta em P3, P4, P5 e P6. A duna branca é atipicamente extensa em P2 e P6 atingindo 125 m e 165 m de largura, respectivamente, devido à mobilidade/instabilidade dos sedimentos originada pela clara degradação antrópica da morfologia da frente dunar.

A duna cinzenta está ausente em P1 e P2. É mais desenvolvida em P4 e P5 atingindo 240 m e 350 m, respectivamente. Destacam-se como espécies dominantes a *Armeria welwitschii*, a *Artemisia crithmifolia*, a *Malcolmia littorea*, o *Ononis natrix* ssp. *ramosissima* e o *Pancratium maritimum*.

A duna verde, presente em todos os perfis com excepção de P1, exhibe extensão máxima em P3 (120 m). Em P2, atinge apenas 40 m devido ao já mencionado comportamento transgressivo da duna branca. A duna verde é dominada por *Juniperus turbinata*, apresentando maior taxa de cobertura em P3 e P6. Nos perfis P4 e P5

a mancha ocupada por *Juniperus turbinata* é dispersa e fragmentada, consequência da presença de alguns caminhos não ordenados, iniciados por um único trilho que depois se ramifica com a aproximação à duna frontal e à praia (fig. 2).



Fig. 4 – Micro-arriba de erosão marinha na duna frontal (A); Degradação da vegetação dunar por acção do mar (B); Caminho não ordenado sobre crista de duna frontal (C); Presença de brechas e *blowouts* na duna frontal (D); Duna branca transgressiva (E); Cristas e depressões interdunares a sotavento da duna frontal (F).

Fig. 4 – Cliffoed foredune (A); Damaged vegetation caused by ocean overwash (B); Foredune ridge interrupted by a wide path (C); Foredune with gaps and blowouts (D); Transgressive foredune (E); Landward coastal dune ridges and dune slacks (F). (See coloured version online)

No conjunto dos perfis identificaram-se 32 espécies dunares distintas (quadro II).

Quadro II – Lista das espécies dunares presentes nos distintos tipos morfo-ecológicos de duna, identificados nos seis perfis morfo-ecológicos realizados no sistema dunar litoral de Peniche-Baleal (Primavera de 2008).

Table II – List of sand dune species of the different morpho-ecological coastal dunes types identified in Peniche-Baleal coastal dune system morpho-ecological profiles (spring, 2008).

Espécies	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Ammophila arenaria</i> ssp. <i>australis</i>	Db	Db	Db/Dc	Db/Dc	Db/Dc	Db/Dc
<i>Anagallis monelli</i> ssp. <i>microphylla</i>	Db	Dv	Dv	Dc/Dv	Dc/Dv	Dc/Dv
<i>Anchusa calcarea</i>	-	-	-	Dc	Dv	-
<i>Antirrhinum majus</i>	-	-	Dv	Dv	Dv	Dv
<i>Armeria welwitschii</i> (endémica)	-	Dv	Dc/Dv	Dc/Dv	Dc/Dv	Dc/Dv
<i>Artemisia crithmifolia</i>	Db	Dv	Db/Dc/Dv	Db/Dc/Dv	Db/Dc/Dv	Db/Dc/Dv
<i>Arctotheca calendula</i> (sinantrópica)	Db	-	Dv	-	-	-
<i>Calystegia soldanella</i>	-	Db	-	-	-	Db
<i>Carpobrotus edulis</i>	Db	Db/Dv	Db/Dc/Dv	Db/Dc/Dv	Db/Dc/Dv	Db/Dc/Dv
<i>Cerastium glomeratum</i>	-	-	Dc	-	-	Dc
<i>Corema album</i>	-	-	Dv	-	-	-
<i>Crucianella maritima</i>	Db	Db	Db/Dc	Db	Db/Dc	Db/Dc
<i>Cyperus capitatus</i>	-	Db	Db	-	-	-
<i>Elymus farctus</i> ssp. <i>boreoatlanticus</i>	Db	Db	Db	Db	Db	Db
<i>Eryngium maritimum</i>	Db	Db	Db	Db	Db	Db
<i>Euphorbia paralias</i>	Db	Db	Db	Db	Db	Db
<i>Helichrysum italicum</i> ssp. <i>picardii</i>	-	Dv	Dc/Dv	Dc/Dv	Dc/Dv	Dc/Dv
<i>Juniperus turbinata</i>	-	Dv	Dv	Dv	Dv	Dv
<i>Lotus creticus</i>	Db	Dv	Dc/Dv	Dc/Dv	Dc/Dv	Dc/Dv
<i>Malcolmia littorea</i>	Db	Dv	Dc/Dv	Dc/Dv	Dc/Dv	Dc/Dv
<i>Medicago marina</i>	-	Db	Dc	Dc	Dc	Db
<i>Ononis natrix</i> ssp. <i>ramosissima</i>	Db	Db/Dv	Dc/Dv	Dc/Dv	Dc/Dv	Dc/Dv
<i>Otanthus maritimus</i>	Db	-	Db	Db	Db	Db
<i>Pancratium maritimum</i>	-	Db/Dv	Db/Dc	Db/Dc	Db/Dc	Db/Dc
<i>Plantago coronopus</i> (sinantrópica)	Db	-	-	-	-	-
<i>Reichardia gaditana</i>	-	-	Dv	Dv	Dv	Dc/Dv
<i>Rubia peregrina</i>	-	-	Dv	Dv	Dv	Dv
<i>Sedum sedifforme</i>	-	-	Dc/Dv	Dc/Dv	Dc/Dv	Dc/Dv
<i>Senecio gallicus</i> (sinantrópica)	Db	Dv	Dc/Dv	Dc/Dv	Dc/Dv	Dc/Dv
<i>Seseli tortuosum</i>	-	-	-	Dc	-	-
<i>Verbascum litigiosum</i> (endémica)	-	-	-	Dc/Dv	Dc	-
<i>Vulpia alopecurus</i> (sinantrópica)	Db	-	Dv	-	-	-
Número total de espécies	16	19	27	25	24	24

(Db: duna branca; Dc: duna cinzenta; Dv: duna verde)

A duna branca apresenta menor número de espécies dunares (≤ 11) e a duna cinzenta e a duna verde um número mais significativo, compreendido entre 11-17 espécies em todos os perfis, excepto em P1. Aqui, na ausência de duna cinzenta e de duna verde, estão presentes na duna branca e talude artificial, 16 espécies distintas, algumas atípicas deste ecossistema: *Arctotheca calendula* (erva-gorda), *Plantago coronopus* (diabelha), *Senecio gallicus* e *Vulpia alopecurus*. Destas, destaca-se o *Senecio gallicus*, por estar presente em todos os perfis, colonizando a duna branca em P1 e a duna cinzenta e a duna verde em P2, P3, P4, P5 e P6.

De acordo com García-Mora *et al.* (2000), estas espécies designadas por sinantrópicas, *i.e.*, espécies exóticas e vegetação resultante de actividades agrícolas ou cultivadas, estão associadas a solos mais consolidados e ricos em água e nutrientes, colonizando sobretudo o talude artificial de P1. Carter (1988) afirma que a espécie *Senecio* é uma “espécie oportunista”, uma vez que utiliza em sua vantagem quaisquer alterações ambientais favoráveis no ecossistema.

A presença destas espécies sinantrópicas no sistema dunar será indicativa de alterações nos factores bióticos (nomeadamente a competição entre espécies) e abióticos (por exemplo compactação do solo, soterramento da vegetação dunar, modificações no teor de água, pH, ar e nutrientes do solo) do ecossistema, que favorecem a sua presença. No caso de P1, a sua presença resulta ainda da introdução artificial de *Carpobrotus edulis*, espécie exótica também considerada sinantrópica. Investigação mais detalhada será fundamental para clarificar com rigor a magnitude e as consequências destas alterações na vegetação dunar da área em estudo.

Os perfis P3, P4, P5 e P6, por serem os mais extensos e possuírem uma sucessão morfo-ecológica natural típica (duna branca, duna cinzenta e duna verde), apresentam maior diversidade florística, sendo possível identificar mais de duas dezenas de espécies dunares distintas.

O endemismo lusitano *Armeria welwitschii* está presente em todos os perfis com excepção de P1, pelas razões já referidas. Outro endemismo lusitano, *Verbascum litigiosum*, está apenas presente em P4 e P5. Na verdade, estes perfis localizam-se no troço mais central e largo do sistema dunar, que oferece maior dificuldade de transposição para aceder à praia, dissuadindo muitos utilizadores de o atravessar. A reduzida pressão antrópica a que este troço é sujeito favorecerá a presença destes endemismos.

Verifica-se a coexistência de espécies na duna branca, duna cinzenta e duna verde. Este fenómeno testemunhará alguma degradação da vegetação natural típica, provocada pela acção do vento e do mar – principais agentes geomorfológicos naturais da génese e evolução do sistema dunar – mas sobretudo pela aceleração dos processos de degradação, em consequência da acção antrópica: o pisoteio e o desenvolvimento de uma rede de caminhos não ordenados.

A vegetação dunar exige condições ambientais muito específicas e quaisquer alterações ou distúrbios no ecossistema podem resultar na substituição da vegetação

dunar natural típica por espécies mais competitivas e melhor adaptadas às novas condições ambientais do ecossistema, induzindo modificações na sucessão morfo-ecológica natural típica do sistema dunar.

VI. CONCLUSÃO

A vegetação dunar apresenta grande robustez, elevada diversidade e bom estado de conservação, sobretudo a sotavento da duna frontal, onde é possível reconhecer as espécies dunares características dos distintos tipos morfo-ecológicos de duna, e um núcleo importante de *Armeria welwitschii* e *Verbascum litigiosum*, endemismos lusitanos com estatuto legal de protecção.

No sistema dunar litoral de Peniche-Baleal existem indícios preocupantes de degradação geomorfológica da duna frontal, induzidos por erosão marinha e pisoteio, com algumas consequências na vegetação dunar aí presente e, sobretudo, na grande extensão que a duna branca, transgressiva, possui localmente.

Todos os perfis apresentam uma micro-arriba de erosão marinha talhada na duna frontal. No Inverno e em situações de tempestade, quando a hidrodinâmica é mais energética, as ondas galgam a praia alta e invadem as brechas e *blowouts* existentes na duna frontal. Estas formas de erosão constituem depressões que facilitam a penetração do mar que causa danos na morfologia da duna frontal e na vegetação dunar, promovendo a degradação da frente dunar. A ocorrência de erosão marinha na duna frontal é recorrente, de acordo com o testemunho de alguns locais. Foi anteriormente reconhecida e documentada por Ferreira (1902, *in* Henriques e Neto, 2002), no início do século XX, e mais recentemente por Henriques (1996).

O pisoteio, fortemente disseminado por todo o sistema dunar, sobretudo na duna frontal, ocorrerá devido à ausência ou insuficiência de caminhos sobrelevados, que permitam o acesso ordenado à praia através do sistema dunar.

A degradação geomorfológica da duna frontal será preponderante na mobilização dos sedimentos eólicos para áreas mais interiores da plataforma litoral, originando a redução da área ocupada pela duna cinzenta e a duna verde e, conseqüentemente, a sua “compressão” ecológica.

A implementação de caminhos sobrelevados em pontos estratégicos do sistema dunar litoral de Peniche-Baleal favorecerá a sua regeneração natural, através da redução da pressão antrópica e do desenvolvimento da vegetação dunar (Paixão, 2011b). Esta medida de ordenamento e gestão será essencial para compatibilizar a função recreativa e turística com a conservação da natureza e biodiversidade.

O diagnóstico da situação existente em 2008 deverá funcionar como referência para o acompanhamento da evolução deste extenso sistema dunar, no contexto da subida relativa do nível médio do mar e do incremento das novas funcionalidades de turismo e lazer que o município de Peniche tem vindo a promover e a implementar.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece à Professora Doutora Ana Ramos-Pereira o entusiasmo e sugestões transmitidas na preparação do artigo. A Jorge Trindade, Bruno Borges e Maria Francisca Gusmão o apoio prestado durante a realização dos levantamentos de campo e dos perfis morfo-ecológicos. Ao Professor Doutor Carlos Neto e Estevão Portela-Pereira a valiosa ajuda na identificação das espécies dunares. À Câmara Municipal de Peniche a gentil disponibilização do Ortofotomapa da área de estudo. Aos revisores anónimos, o valioso contributo que permitiu aperfeiçoar a qualidade científica do presente artigo.

BIBLIOGRAFIA

- Carter R G W (1991) Near-future sea level impacts on coastal dune landscapes. *Landscape Ecology*, Special Issue Impact of climate change on coastal dune landscape of Europe, 6(1-2): 7-13.
- Carter R G W (1988) *Coastal environments: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*. Academic Press, London.
- Costa J C (2001) Tipos de vegetação e adaptações das plantas do litoral de Portugal. In Moreira M E, Casal Moura A, Granja M H, Noronha F (Eds.) *Homenagem (In honorium) ao Professor Gaspar Soares de Carvalho*. Barbosa e Xavier Editora, Braga: 283-299.
- Decreto-Lei nº565/99 de 21 de Dezembro. Diário da República – I-Série-A, nº295 de 21-12-1999.
- Decreto-Lei nº140/99 de 24 de Abril. Diário da República – I-Série-A, nº96 de 24-04-1999.
- Directiva do Conselho 92/43/CEE de 21 de Maio – Directiva Habitats. Jornal Oficial das Comunidades Europeias nºL 206/7 de 22/06/1992.
- França J C, Zbyszewski G, Moitinho de Almeida F (1960) *Notícia Explicativa da folha 26-C da Carta Geológica de Portugal 1:50 000*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- 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.
- Goudie A S (ed.) (2003) *Encyclopedia of geomorphology*. Routledge, New York, I-II.
- Henriques M V (1996) *A faixa litoral entre a Nazaré e Peniche. Unidades geomorfológicas e dinâmica actual dos sistemas litorais*. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física, Universidade de Évora, Évora.
- Henriques M V, Neto C (2002) Caracterização geo-ecológica dos sistemas de cordões dunares da Estremadura (Nazaré, São Martinho do Porto e Peniche-Baleal). *Finisterra. Revista Portuguesa de Geografia*, XXXVII(74): 5-31.
- Hesp P (2004) Coastal dunes in the tropics and temperate regions: location, formation, morphology and vegetation processes. In Martínez M L, Psuty N P (Eds.) *Coastal dunes, ecology and conservation*. Ecological Studies, Springer, 1st Edition, Berlin, 171: 29-49.
- Hesp P (2002) Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology*, 48: 245-268.
- Hesp P, Schmutz P, Martínez M L, Driskell L, Orgera R, Renken K, Revelo N A R, Orocio O A J (2010) The effect on coastal vegetation of trampling on a parabolic dune. *Aeolian Research*, 2: 105-111.
- IGeoE – Instituto Geográfico do Exército. *SERVIR*. [Acedido em Junho de 2008] <http://www.igeoe.pt/>
- IH – Instituto Hidrográfico. *Bóias Ondógrafo*. [Acedido em Março de 2010] <http://www.hidrografico.pt/boias-ondografo.php>
- INMG – Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (1991) *O clima de Portugal, fascículo XLIX, volume 2, 2ª Região, Normais Climatológicas da Região de “Ribatejo e Oeste”, correspondentes a 1951-1980*. INMG, Lisboa.
- Lomba A, Alves P, Honrado H (2008) Endemic sand dunes vegetation of the Northwest Iberian Peninsula: diversity, dynamics, and significance for bioindication and monitoring of coastal landscapes. *Journal of Coastal Research*, 24(2B): 113-121.

- Maun M A (2009) *The biology of coastal sand dunes*. Oxford University Press, Oxford.
- Neto C (1993) A flora e a vegetação das dunas de São Jacinto. *Finisterra. Revista Portuguesa de Geografia*, XXVIII(55-56): 101-148.
- Neves M (2006) *Os sistemas litorais da Estremadura. Classificação e caracterização geomorfológica*. Linha de Investigação em Dinâmica Litoral e Fluvial, Relatório n.º 4, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa.
- Paixão R (2011a) Ordenamento de acessos pedonais: uma proposta para o sistema dunar de Peniche-Baleal. *VIII Congresso da Geografia Portuguesa*, IGOT-UL, Lisboa (CD-ROM Ma 64-458).
- Paixão R (2011b) *Avaliação da vulnerabilidade biofísica do sistema dunar de Peniche-Baleal*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Ramos-Pereira A (2001) *O(s) oceano(s) e as suas margens*. Cadernos de Educação Ambiental 5, Instituto de Inovação Educacional, Lisboa.
- Ramos-Pereira A, Borges B, Paixão R (2008) *Recuperação biofísica do campo dunar Peniche-Baleal*. Lisboa, inédito.
- Resolução do Conselho de Ministros nº76/2000 de 5 de Julho. Diário da República – I-Série-B, nº153 de 05-07-2000.
- Schwartz M L (2005) *Encyclopedia of coastal science*. Encyclopedia of Earth Sciences Series, Springer, Dordrecht.
- van der Meulen F, Salman A H P M (1996) Management of Mediterranean coastal dunes. *Ocean & Coastal Management*, 30(2-3): 177-195.
- Viles H, Spencer T (1995) *Coastal problems: geomorphology, ecology and society at the coast*. Edward Arnold, London.