

**EVOLUÇÃO GEOHISTÓRICA DO  
LITORAL PORTUGUÊS E  
FENÓMENOS CORRELATIVOS**

**Geologia, História, Arqueologia e Climatologia**

**ACTAS**

**EDITORES**

António Augusto Tavares  
Maria José Ferro Tavares  
João Luis Cardoso

**2004**



APOIO:  
FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia  
E UNIÃO EUROPEIA (PSE/FEDER)

# **Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos**

ANA RAMOS PEREIRA<sup>1</sup> e DIEGO E. ANGELUCCI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Estudos Geográficos, Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa, anarp@fl.ul.pt

<sup>2</sup>Instituto Português de Arqueologia, Av. da Índia 136, 1300-300 Lisboa, diego@ipa.min-cultura.pt

## **Resumo**

As acumulações de areias eólicas consolidadas constituem importantes formas de relevo litorais e são registos sedimentares e geomorfológicos, muitas vezes em relação com ocupações pré-históricas e testemunhos pedológicos. O seu estudo representa um importante contributo para o conhecimento da evolução das condições ambientais, em geral, e litorais, em particular.

Neste capítulo, são discutidas as condições de génese, a idade, o contexto climático e ambiental destas originais formas de relevo litoral, bem como a sua repartição espacial. No que respeita a Portugal, faz-se uma síntese do conhecimento sobre estas acumulações de areia carbonatadas, ao tipo de forma que possuem ou testemunham, às condições que presidiram à sua génese (nomeadamente a relação com o nível do mar e as características do vento gerador), o seu enquadramento estratigráfico, bem como das datações de radiocarbono de que até agora se dispõe.

Os dados permitem, apesar da incertezas, afirmar que o litoral português conheceu diversas fases de mobilização eólica, desde o Plistocénico Médio até ao Holocénico. Nomeadamente, reconheceram-se cinco fases: uma no Plistocénico Médio, talvez OIS6; duas no Plistocénico Superior, a primeira no OIS4-3 e a segunda no OIS2; duas no Holocénico, uma do Boreal-Atlântico e outra, mais recente, documentada pelo sistema praia-duna consolidado da Armação de Pêra. Em todas estas fases (excepto para a mais recente), a acumulação eólica corresponde a episódios de baixo nível do mar e a “consolidação” a uma relativa melhoria climática, talvez com instalação de condições xéricas.

Os dados apresentados permitem sublinhar a possível sincronia com outras áreas das médias latitudes, a correspondência com o registo paleoclimático fornecido pelos dados proxy e a ciclicidade dos episódios de formação dos arenitos dunares, em ocasião de condições climáticas e ambientais específicas ou de eventos pontuais mais ou menos abruptos.

## Abstract

Aeolianites and carbonated dunes are outstanding coastal landforms and record sedimentary and geomorphological past conditions, as well as archaeological and palaeopedological evidence. The study of these landforms contributes to the comprehension palaeoenvironmental and palaeogeographical modifications, especially of the littoral region.

We review here the formation processes, the age, the climatic and environmental context, as well as the geographical distribution of aeolianites and related morphologies, with special attention on the Portuguese situation, and discuss the state-of-the-art on these formations. Their shape and preservation, the contextual situation linked to their development (specifically the relationship with sea level, as well as the characteristics of the winds – direction and speed – that accumulated them), the stratigraphic framework, and the available radiocarbon dating so far are taken into account.

Despite some uncertainty, presented data allow us to identify five main phases of aeolian mobilization along the Portuguese littoral belt, from the Middle Pleistocene to the Holocene: the most ancient date to the Middle Pleistocene, probably to OIS6; two events are recorded in the Upper Pleistocene, a former during OIS4-3 and a latter in OIS2; and two during the Holocene, one in Boreal-Atlantic times and a more recent one (Armação de Pêra). In all these phases (except the most recent one), aeolian accumulation matches with low standing sea level episodes, while dune carbonation corresponds to a relative climatic amelioration, probably with the onset of xeric conditions.

The data emphasize a possible synchronicity of eolianite formation with other mid-latitude regions, a strong correlation with palaeoclimatic proxy-data and the recurrence of episodes of eolianite formation, matching specific climatic and environmental conditions or more or less abrupt climatic events.

## 1. Introdução

As dunas consolidadas, em particular, e as acumulações de areias transportadas pelo vento, em geral, e que doravante serão designadas por acumulações arenosas eólicas consolidadas (AAEC), desde a década de 1940 que atraíram investigadores nacionais e estrangeiros. Não pode deixar de

salientar-se H. Breuil e, sobretudo, Georges Zbyszewski pelo reconhecimento de quase todos os afloramentos, do seu enquadramento estratigráfico, à luz dos conhecimentos científicos da altura. É a este último autor que se deve o reconhecimento, pela primeira vez, da existência de duas gerações deste tipo de acumulações, no litoral alentejano (Zbyszewski, 1940). O carácter mobilista que este autor revelou, ainda recém chegado a Portugal, fê-lo apresentar um modelo genético destas acumulações ainda hoje válido no essencial.

As relações entre estas formações arenosas e os vestígios humanos pré-históricos ficaram patentes na obra daqueles autores (Breuil e Zbyszewski, 1942).

Só volvidos cerca de quarenta anos se retomou esta temática, na sequência de um temporal que desmantelou parcialmente o sopé da arriba de Magoito, pondo a descoberto, sob o arenito dunar, um horizonte de areia negra, com estruturas de combustão e restos de carvão e de *Mytilus*, *Patella*, *Cerastoderma edule*. A sua datação por radiocarbono catapultou esta AAEC, inicialmente atribuída ao Würm, para o início do Holocénico (Daveau *et al*, 1982). O estudo, praticamente em simultâneo, destas acumulações no litoral do Alentejo e Algarve ocidental (Pereira, 1987a), onde elas estão mais bem representadas, fez reavivar o interesse pelo seu estudo científico. É uma síntese dos dados resultantes da investigação subsequente que aqui serão apresentados. Apesar das dúvidas ainda existentes, pormenoriza-se a génese das AAEC, discute-se as condições paleoclimáticas correlativas, ensaia-se o seu posicionamento cronológico de acordo com as variações conhecidas do nível do mar, bem como as relações entre o sistema eólico e povoamento antrópico, através do registo arqueológico que com elas se relaciona, no litoral português.

## 2. Dunas consolidadas e AAEC: génese, contexto climático e ambiental

### 2.1. As condições de génese

As dunas eólicas (ou mais simplesmente dunas) ocorrem em áreas onde o vento, pela sua constância ou velocidade, ou pela ausência de obstáculos, constitui o principal agente de mobilização, transporte e acumulação de sedimentos. Estas condições existem nos desertos, nas áreas de neves perpétuas e nos litorais. Nas duas primeiras, a ausência de vegetação facilita a acção do vento, criando grandes campos de deflação e campos dunares ou nivo-dunares (estes últimos nas latitudes elevadas). Ao invés das anteriores, no litoral as dunas estão, em geral, associadas à presença de vegetação que, apesar de escassa e específica, devido ao elevado teor em sal presente no ar, cria maior rugosidade topográfica (Bagnold, 1941; Tsoar e Müller, 1986), dificultando a progressão do vento. As dunas, apesar de poderem estar fixadas pela vegetação, no momento da sedimentação, são constituídas por areia solta, formada por elementos líticos e fragmentos de conchas, com distribuição granulométrica típica, *i.e.*, areia fina e bem calibrada. Depreende-se do exposto, que a presença de uma superfície com areia solta e vento, soprando do mar para terra é condição fundamental para que

se venham a constituir acumulações de areias eólicas. Mas a mobilização está facilitada quando as areias estão secas, uma vez que a água ao preencher os espaços entre os grãos funciona como elemento aglutinador, dificultando a sua mobilização. A FIG. 1 sintetiza os factores que condicionam a mobilização das areias pelo vento.

As características texturais referidas deve ainda acrescentar-se que estas areias transportadas e acumuladas pelo vento dão indicações da capacidade do agente de transporte, ou seja, a velocidade do vento. Por outro lado, dispõem-se em lâminas, com estratificação entrecruzada (FOTO 1), cujas características permitem deduzir a orientação do vento gerador.

As formas criadas pelas acumulações de areia podem ser muito diversificadas, função das características geomorfológicas das áreas onde ocorrem (a morfologia infra-dunar), da sua distância à fonte de alimentação (área de deflação) e da orientação do vento dominante (FIG. 2). Em litorais altos (com arribas) é frequente que as areias sejam depositadas de encontro às vertentes que se lhe interpõem, criando taludes arenosos (taludes de encontro a um obstáculo – TEO). Se esses litorais são sulcados por vales, as areias podem colmatar o troço vestibular do vale ou cobrir apenas uma vertente (TEO ou taludes ao abrigo do obstáculo – TAO), dependendo da orientação do vale face ao fluxo eólico dominante. Apenas em áreas planas, a acumulação de areias gera verdadeiras dunas, *i.e.*, formas de relevo dissimétricas (dunas parabólicas, dunas transversais, dunas longitudinais...) dependendo da disponibilidade em areia e da capacidade de transporte do fluxo eólico.

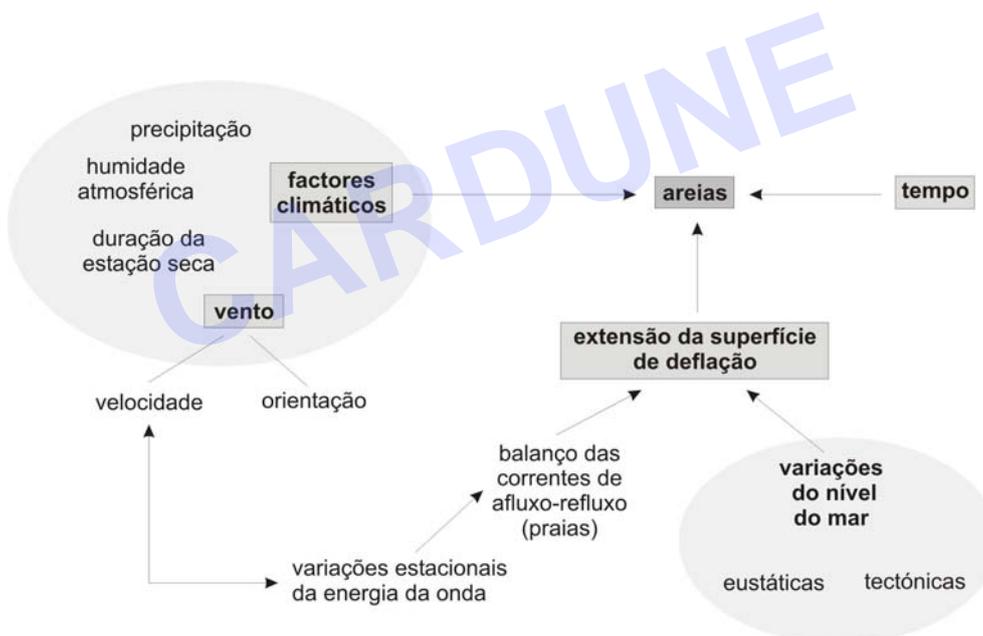


FIG. 1 – Factores que condicionam a mobilização das areias pelo vento, no litoral (extraído de Pereira, 1987).

Ana Ramos Pereira e Diego E. Angelucci (2004) – Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos. In A. A. Tavares, M. J. Ferro Tavares e J. L. Cardoso (Eds.) – *Evolução geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos*. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia. Universidade Aberta, p.221-256.

225



FOTO 1 – Tipos de estratificação nos arenitos dunares: (a) estratificação entrecruzada em Malhão; (b) estrutura sedimentar em *megaripple*, no Forte do Pessegueiro.

Em condições particulares, as areias eólicas podem ser objecto de uma série de processos de diagénese e pedogénese que levam à constituição de formações rochosas – os eolianitos ou arenitos dunares. Estes são os constituintes das acumulações eólicas arenosas.

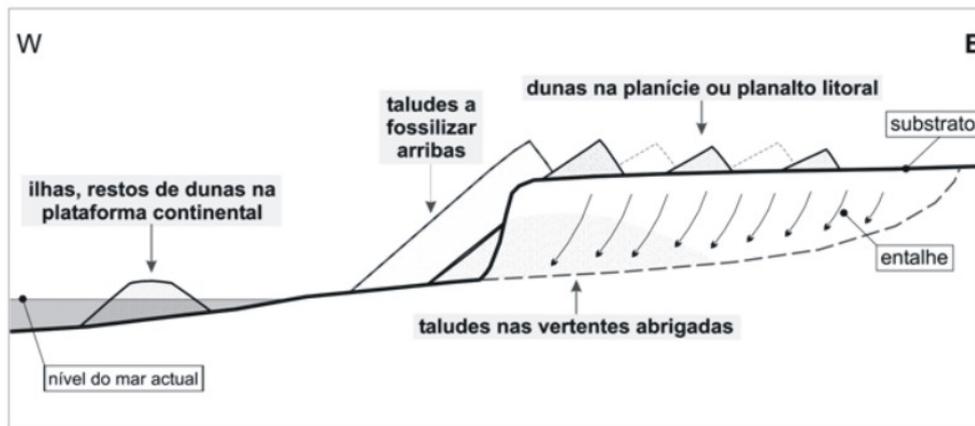


FIG. 2 – As forma de relevo que as acumulações de areias eólicas originam, condicionadas pela morfologia infra-dunar (adaptado de Pereira, 2003).

Os processos diagenéticos e pedogenéticos podem ser de vários tipos (ferruginização, carbonatação, migração de argila, etc.) dependendo das condições geológicas (factores intrínsecos) e ambientais (FIG. 3). Em Portugal, a modificação fundamental a que as areias foram sujeitas é a carbonatação, precipitação química de carbonatos, sobretudo do carbonato de cálcio, responsável pela sua consolidação, criando acumulações arenosas eólicas carbonatadas (AAEC).

Em Portugal, os teores em carbonatos nos eolianitos ultrapassam em muito metade da composição fundamental das amostras (pode atingir 80 %) e correspondem também a distintos graus de consolidação do eolianito (Pereira, 1987a; 2003). A fonte dos carbonatos é variada função da natureza do substrato geológico infradunar: (i) a circulação de águas ricas em bicarbonato de cálcio provenientes do substrato calcário que, ao precipitarem, contribuiram para aglutinar as areias; (ii) a dissolução das conchas e outros restos de seres vivos que constituem o sedimento eólico, em substratos siliciosos (Pereira, 2003).

É evidente que estes mecanismos de carbonatação terão que estar relacionados com condições climáticas bastante específicas, nomeadamente no que respeita ao grau de humidade do ar. O mecanismo de precipitação química pressupõe a presença de água nos interstícios dos grãos, permitindo a dissolução do carbonato, mas também a re-precipitação do bicarbonato solúvel na água. Este fenómeno só ocorrerá se as soluções se tornarem hipersalinas, o que sucederá, por exemplo, em consequência da evaporação da água, após aumento da temperatura ou em ocasião de fases mais áridas. Implica, porém, que as soluções salinas se mantenham no seio das areias e não sejam exportadas para fora delas. A água tem que estar presente, mas não pode ser muito abundante. Por outras palavras, nos litorais de feição mediterrânea, as variações diárias e estacionais da

Ana Ramos Pereira e Diego E. Angelucci (2004) – Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos. In A. A. Tavares, M. J. Ferro Tavares e J. L. Cardoso (Eds.) – *Evolução geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia. Universidade Aberta, p.221-256.*



FIG. 3 – Factores condicionantes dos processos de carbonatação que afectam as AAEC (adaptado de Pereira, 1987).

temperatura e da precipitação (o dito regime de humidade xérico, vide, ex. Soil Survey Staff, 1979) poderão favorecer o processo de dissolução e precipitação

dos carbonatos. Chuvas abundantes, como nos domínios climáticos de feição atlântica, não favorecem a carbonatação porque a água é exportada para fora das areias dunares, levando consigo o bicarbonato. É, provavelmente, essa a razão pela qual, no litoral de Portugal continental de feição mais atlântica, não ocorrem estes depósitos eólicos.

Os eolianitos são sedimentos típicos dos litorais de média latitude (Brooke, 2001) e alcançam máximo desenvolvimento nos formados por materiais carbonatados das regiões tropicais e subtropicais. Esta zonalidade da distribuição depende da dinâmica atmosférica global a que estão sujeitas as regiões litorais nas diferentes latitudes. Ainda assim, não parece existir uma relação constante e directa entre a formação de AAEC e os factores climáticos: uma análise da distribuição e da cronologia destes sedimentos a nível mundial mostra que eles se formaram quer durante fases de alto nível do mar, em períodos interglaciários ou até episódios interestadiais quer, ao contrário, durante episódios de baixo nível do mar. Por exemplo, nas ilhas Bermudas (Mackenzie, 1964) e nas Bahamas (Brooke, 2001), está registada a acreção de eolianitos quer durante fases quentes, a partir do Plistocénico Médio, quer em períodos glaciários, caracterizados por níveis do mar baixos, em que a plataforma continental fica exposta a condições continentais, como é demonstrado pelo facto de muitos afloramentos de AAEC continuarem debaixo do actual nível do mar.

Em Portugal, a ocorrência de AAEC ou o que delas resta está testemunhada numa faixa com largura máxima até 5 km: penetram 3 km na área emersa e estão testemunhadas por pequenas ilhas e escolhos na plataforma continental interna (Pereira, 1990).

## **2.2. Distribuição e cronologia das AAEC no Atlântico setentrional e no Mar Mediterrâneo**

Dunas consolidadas e AAEC ocorrem em inúmeras localidades das médias e médio-baixas latitudes e, em determinadas regiões, constituem partes significativas dos afloramentos geológicos e das formas de relevo, como é o caso das ilhas Bermudas e Bahamas (Mackenzie, 1964; Brooke, 2001). No hemisfério boreal, extensos afloramentos de AAEC existem nas ilhas Hawai, nos estados meridionais dos EUA, no México, no Golfo Árábico (Abegg *et al*, 2001), enquanto no austral estão assinaladas na Austrália (onde existe, na planície costeira de Coorong, o mais longo registo de deposição de AAEC quaternárias – Brooke, 2001) e Moçambique (Moreira, 2003), por exemplo. Estas ocorrências, que não se pretendem exaustivas, mostram a boa representatividade das AAEC como formas de relevo litorais.

Na bacia mediterrânea existem vários locais de afloramento de AAEC, entre os quais se citarão alguns, pelo interesse de que se revestem para o tema.

As Ilhas Baleares conservam abundantes afloramentos de AAEC nas áreas litorais, às vezes com espessura considerável. Consideradas tradicionalmente como formadas em momentos de regressão marinha, formam frequentemente

preenchimentos de grutas costeiras e, nos esquemas estratigráficos tradicionais, eram datadas da fase do "Riss" (Gràcia *et al*, 2001).

Estudos mais recentes (González-Hernández *et al*, 2001), centrados na estratigrafia quaternária da ilha de Maiorca, evidenciam a presença de numerosas fases de formação de dunas cimentadas: duas unidades anteriores ao Eemiano, atribuídas ao Estádio Isotópico do Oxigénio (OIS) 6; duas no próprio OIS 5; três no intervalo OIS 4 – OIS 2. A sedimentação eólica no Holocénico está representada por três gerações de areias eólicas, das quais só a mais antiga (idade do topo:  $4\,370 \pm 40$  BP) se apresenta moderadamente consolidada e se considera relacionada com a tendência geral regressiva do nível do mar a partir do óptimo climático holocénico (González-Hernández *et al*, 2001), registada em dados polínicos (Burjachs *et al*, 1994). Resumindo, os dados das Ilhas Baleares indicam-nos a acção de acumulação eólica e consolidação pene-contemporânea de dunas durante várias fases do Plistocénico Médio e Superior (inclusive do Eemiano) e do Holocénico.

Na litoral ocidental da ilha de Elba (no Mar Tirreno, ao largo da costa da Toscana), afloram eolianitos cuja génese se interpreta como o resultado de acções eólicas durante as fases frias do Plistocénico Superior, por efeito da acção concomitante da regressão marinha e do clima árido que esta área experimentou na altura. Um paleossolo rubificado no interior do eolianito foi datado do 40 ka BP, indicativo de uma temporária interrupção da acumulação dunar durante o OIS 3, acumulação que retomou a sua acção no OIS 2 (Cremaschi, 1995).

No Mediterrâneo oriental, especificamente em Israel, os eolianitos litorais dão origem a morfologias características, em forma de cristas alongadas paralelamente à linha de costa, indicadas com o termo de "*kurkar*". O sistema de *kurkar*, constituído por dunas que se formaram simultaneamente ao longo da costa (Sivan *et al*, 1999), data entre 65-50 ka BP (OIS 4), sendo também registada sedimentação eólica no Holocénico e que constitui a duna de areia solta que cobre as anteriores (Frechen *et al*, 2001).

### 3. Dunas consolidadas e AAEC em Portugal

#### 3.1. Distribuição geográfica

Em Portugal, as AAEC são frequentes ao S de Peniche, especialmente no litoral alentejano, onde ocupam áreas relativamente extensas, ocorrendo de forma contínua ao longo de 20 km de linha de costa e penetrando até 3 km para o interior daquela mesma linha, nomeadamente entre o Forte da Ilha do Pessegueiro e Porto das Barcas, ao norte de Vila Nova de Milfontes (FIG. 4).

A posição e a forma que estas acumulações arenosas podem ter na faixa litoral é variável em função do condicionalismo imposto pela morfologia infradunar, como se referiu (FIG. 2).

O QUADRO 1 sintetiza os vários locais do litoral ocidental e meridional de Portugal continental onde existem estas acumulações eólicas, organizadas em função da posição litoral que ocupam:

- (i) na plataforma continental interna, como sucede ao largo do Alentejo e Algarve central e ocidental, onde estão testemunhadas pela ilha do Pessegueiro (FOTO 2) e um conjunto de escolhos que a envolvem, na Pedra do Cavaleiro e no ilhéu do Castelejo, já no Algarve ocidental e, ainda, na plataforma continental interna do Algarve central, reconhecidas por reflexão sísmica (Pereira, 1992);
- (ii) na praia, onde geralmente correspondem a pequenos afloramentos de arenito eólico, como na Carrapateira, salvo em Armação de Pêra, onde sob a praia e o campo dunar não consolidado estão presentes, em continuidade, uma praia consolidada (praiaito) e a duna frontal também consolidada (arenito dunar ou eolianito);
- (iii) talhadas em arriba ou aí formando um talude que pode ou não fossilizar um antigo nível de praia, como sucede em Magoito e no nível do Forte da Baralha, na Arrábida;
- (iv) na plataforma litoral, desde que esta não atinja, junto à linha de costa, uma altitude superior a 60 m, como sucede em alguns locais da Estremadura e no litoral vicentino;
- (v) nas vertentes abrigadas do vento (neste caso do quadrante norte, como adiante se justifica), nos pequenos mas profundos estuários que sulcam a plataforma litoral, na Estremadura, Alentejo e Algarve ocidental (adaptado de Pereira, 2003)
- (vi) colmatando parcial ou totalmente corredores de deflação, como sucede na Ponta de S. Lourenço, na ilha da Madeira (FOTO 3).

Do exposto, se deduz que as AAEC são relativamente frequentes no litoral de Portugal, tendo atraído os investigadores desde a década de 1940, como se referiu (Pereira e Correia, 1985). Os locais de ocorrência, nomeadamente na plataforma continental interna, e o facto de estarem cortadas em arriba conduziram, desde logo, a que fossem associadas a episódios de nível do mar abaixo do actual.

Ainda assim, a formação das AAEC da costa de Portugal não é sincrónica, sendo que o litoral português terá experimentado, pelo menos a partir do Plistocénico Médio/Superior, várias fases de acumulação eólica e de formação de AAEC.

### **3.2. Dados cronológicos**

É claramente insuficiente a informação cronométrica relativa às AAEC, aos depósitos ou aos artefactos e ecofactos que com eles se relacionam. Contudo, os escassos dados disponíveis permitem afirmar que ocorreram várias fases de

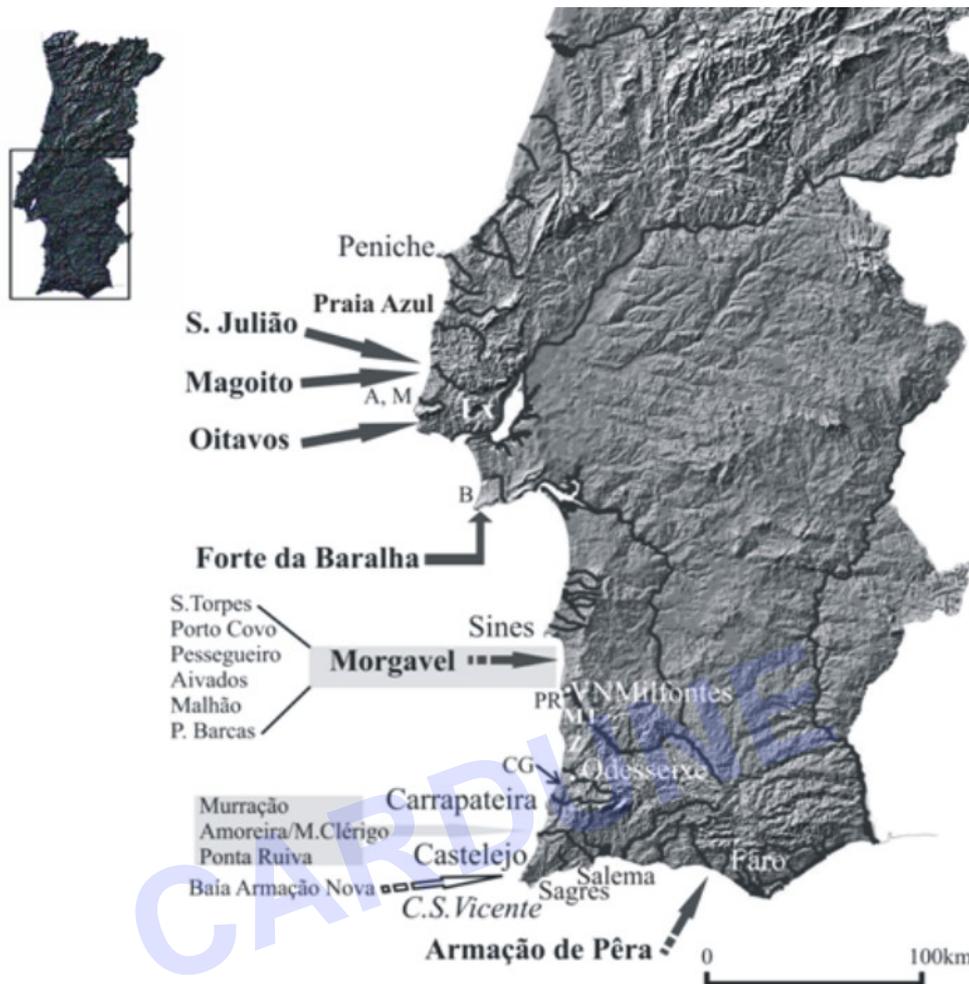


FIG. 4 – Ocorrências de AAEC no litoral de Portugal continental. As setas a negro indicam os locais em que existem datações por radiocarbono.

A – Praia da Aguda; B – Praia das Bicas; CG – Cabeça Gorda; M – Praia das Maças; MT – Medo Tojeiro; PR – Pedra de D. Rodrigo; S – Sagres; Z – Zambujeira.

Ana Ramos Pereira e Diego E. Angelucci (2004) – Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos. In A. A. Tavares, M. J. Ferro Tavares e J. L. Cardoso (Eds.) – Evolução geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia. Universidade Aberta, p.221-256.

232

Plataforma continental interna	Praia	Arriba	Plataforma litoral	Vertente abrigada do vale (N)	
		S. Julião		S. Julião	ESTREMADURA
		Magoito		Magoito	
		Aguda			
	Maçãs			Rª de Colares	
			Oitavos (Cascais)		
		P. das Bicas			
		Forte da Baralha			
		S. Torpes a Porto Covo			ALENTEJO
Morgavel			Morgavel		
Pessegueiro		Pessegueiro (forte)	Pessegueiro		
		Aivados			
		Malhão a Porto das Barcas			
Vila Nova de Milfontes					
Pedra de D. Rodrigo	P. de D. Rodrigo (Atalaia)	Pedra de D. Rodrigo			
			Medo Tojeiro (Almogrove)		
	Zambujeira				
	Lombo do Asno		Cabeça Gorda		
		Azenha		Rª de Seixe	
	Amoreira	Ponta do Penduradouro	Medo da Amoreira / Espartal	Rª de Aljezur e de M <sup>te</sup> Clérigo	ALGARVE W
	Monte Clérigo				
	Carrapateira				
Pedra do Cavaleiro		Murração			
Ilhéu do Castelejo		Castelejo		Barranco de A de Marinho	
		Ponta Ruiva			
		Praia do Telheiro			
		Baía de Armação Nova			
			Pl. do Cabo S. Vicente		
		Praia das Poças / Sagres			ALG. S
Baía de Lagos					
	Armação de Pêra				

QUADRO 1 – Localização dos principais conjuntos de AAEC em função da sua posição geomorfológica litoral (extraído de Pereira, 2003).

Ana Ramos Pereira e Diego E. Angelucci (2004) – Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos. In A. A. Tavares, M. J. Ferro Tavares e J. L. Cardoso (Eds.) – *Evolução geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos*. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia. Universidade Aberta, p.221-256.



FOTO 2 – A ilha do Pessegueiro.

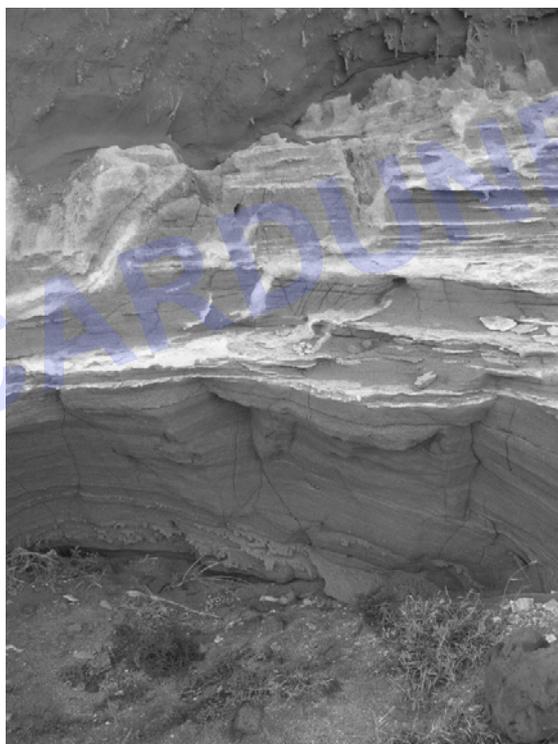


FOTO 3 – O arenito dunar na Ponta de S. Lourenço (Madeira).

mobilização de areias eólicas, posteriormente consolidadas, como já era referido por Zbyszewski, na década de 1940, ao longo do Plistocénico Médio/Superior e Holocénico.

### *Morgavel*

As datações mais antigas disponíveis foram obtidas em Morgavel, no Alentejo (FIG. 4), onde foram reconhecidas claramente duas gerações de AAEC (Pereira, 1990). Foi datada uma turfa subjacente ao arenito dunar de Aivados pelo método do radiocarbono, que forneceu a idade de  $39\,490 \pm 2\,340$  BP (Schroeder-Lanz, 1971), correspondente a  $42\,519 \pm 1\,263$  cal BP ( $1\sigma$ , calculado em "age correspondance" pelo CalPal, 2004).

O arenito de Aivados, suprajacente à referida turfa, está testemunhado apenas pelo flanco sotavento de um cordão dunar presente ao longo da costa, em fase de abrasão.

O enquadramento geomorfológico da turfa permite não só considerá-la anterior ao arenito dunar de Aivados, mas sobretudo posterior a um arenito dunar mais antigo – o arenito dunar de Malhão. Este arenito testemunha a geração de AAEC mais antiga. Ocorre na plataforma continental, fossiliza uma antiga arriba, que ocupa uma posição aproximada da actual linha de costa, está ele próprio cortado em arriba com cerca de 20 m de comando e mergulha abaixo do nível do mar actual (FOTO 4). Por esse motivo, este arenito é posterior a um estacionamento do nível do mar próximo do actual e claramente correlativo de um episódio de nível do mar baixo, estando presentemente a ser submetido a erosão marinha.

Mas a AAEC de Malhão fornece indicações complementares que ajudam a posicioná-la cronologicamente. Assenta no substrato existente do Maciço Antigo ou em depósitos litorais (de praia) localmente retocados por cursos de água (Formação de Aivados – Bugalheira; Pereira, 1990). Esta informação indica claramente que a mobilização eólica não é do começo da regressão, mas posterior à re-adaptação/re-organização da rede hidrográfica ao abaixamento do nível do mar e ao afeiçoamento fluvial das areias litorais.

Constituído o campo dunar de Malhão, que deveria ser muito extenso (os seus testemunhos na área emersa ainda hoje ocupam, de forma contínua, uma área superior a  $20\text{ km}^2$ ), as areias foram colonizadas por vegetação, como demonstram as numerosas rizoconcreções e troncos, cuja morte terá estado ligada à circulação de águas hipersalinas, responsáveis pela carbonatação. Para além deste dados deve referir-se que o arenito dunar de Malhão está deformado tectonicamente. Essa deformação está testemunhada por uma escarpa de falha que chega a atingir 20 m de comando e que se estende com a direcção NNE-SSW, de forma contínua ao longo de cerca de 6 km. Há ainda outros vestígios de deformação tectónica. Este campo dunar foi parcialmente erodido pelo mar, fase testemunhada não só pelo arrasamento do arenito, que se prolonga 1 km para oriente da linha de costa actual, mas também por um depósito pelicular esparso e

Ana Ramos Pereira e Diego E. Angelucci (2004) – Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos. In A. A. Tavares, M. J. Ferro Tavares e J. L. Cardoso (Eds.) – Evolução geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia. Universidade Aberta, p.221-256.

235



FOTO 4 – Promontório em arenito dunar de Malhão.

descontínuo de areia consolidada que envolve restos de *Patella vulgata*, *Littorina litorea* e *Mytilus edulis*, e raros seixos rolados até 2 cm, em forma de amêndoa. Esta superfície arrasada situa-se entre 15 e 45 m e está ela própria balançada. Importa referir que os testemunhos deste campo dunar bem como as areias litorais e fluviais subjacentes se encontram conservados no interior de um compartimento abatido (Pereira, 1990), ele próprio posteriormente fragmentado tectonicamente.

Por esse motivo a posição do nível de arrasamento do arenito dunar não deverá ser a original, mas o resultado da deformação tectónica (FIG. 5).

Os testemunhos da invasão marinha estão cobertos por um solo psamítico, vermelho, com um horizonte negro no topo, e por cima as dunas não consolidadas.

O QUADRO 2 sintetiza os episódios geomorfológicos relacionados com as duas gerações de AAEC.

### Oitavos

Uma idade também referida ao OIS 3 foi obtida para a base da duna de Oitavos, na plataforma de Cascais, onde existem vestígios de um extenso campo dunar carbonatado, testemunhado por pastilhas de arenito dunar esparsas e uma

Ana Ramos Pereira e Diego E. Angelucci (2004) – Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos. In A. A. Tavares, M. J. Ferro Tavares e J. L. Cardoso (Eds.) – *Evolução geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos*. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia. Universidade Aberta, p.221-256.

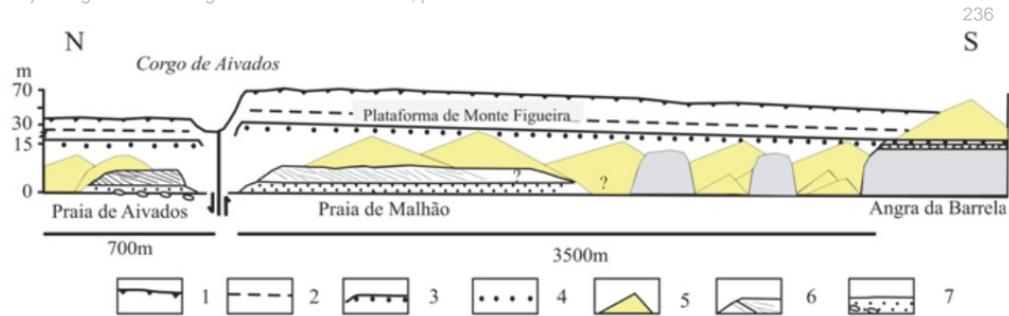


FIG. 5 – A deformação tectónica do arenito dunar de Malhão e da plataforma rochosa de Monte Figueira (adaptado de Pereira, 1987).

1 – escarpa de falha em arenito dunar de Malhão, modelada no sopé em arriba;  
 2 – sopé de escarpa de falha/arriba; 3 – plataforma de Monte Figueira; 4 – arenito dunar de Malhão; 5 – dunas não consolidadas; 6 – arenito dunar de Aivados; 7 – Formação de Aivados - Bugalheira; 8 – substrato paleozóico.

colina com cerca de 20 m. Nesta colina está conservada a vertente sotavento de uma grande duna, sobre um paleossolo psamítico que cobre o substrato calcário do Cretácico inferior e areia de praia ainda conservada nas depressões cársicas (Pereira e Correia, 1985).

A matéria orgânica do horizonte pedológico, datada com o método do radiocarbono, revelou a idade de  $31\,700 \pm 1\,700$  BP (Moniz, 1989 – Data em anos de calendário  $1\sigma$ :  $36\,352 \pm 2\,081$  BC, cálculo em "age correspondance", CalPal, 2004), correspondente ao OIS3 e ao episódio interstadial de Hengelö.

### Arrábida

O contacto da Arrábida com o mar faz-se por alcantilados agrestes localmente interrompidos por retalhos planos que têm sido interpretados como o resultado da abrasão correlativa de estacionamentos do mar. O nível do Forte da Baralha é disso exemplo (Zbyszewski, 1942), localizando-se à altitude de 5-7 m sobre o nível actual do mar.

Este nível evidencia-se por: (i) paleoarribas, com sapa talhada nas rochas calcárias ou em coluviões grosseiros, consolidados por um cimento calcário, no sopé das quais se desenvolve um patamar rochoso, de largura variável, atingindo o seu máximo junto ao Forte a que deve o nome, e de declive transversal sempre fraco; (ii) grutas alinhadas, de profundidade, largura e altura muito variáveis, em continuidade altimétrica com a sapa e os retalhos de plataforma de abrasão

Ana Ramos Pereira e Diego E. Angelucci (2004) – Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos. In A. A. Tavares, M. J. Ferro Tavares e J. L. Cardoso (Eds.) – *Evolução geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos*. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia. Universidade Aberta, p.221-256.

237

Evidência geomorfológica	Evidência estratigráfica	Ambiente	Idade provável
Praia de Aivados (antiga)	Formação de Aivados – Bugalheira	Litoral de praia	Plistocénica inferior ?
	Remeximento da Formação de Aivados – Bugalheira	Fluvial	Plistocénico médio ?
Campo dunar de Malhão	(i) acumulação de areia eólica (ii) colonização vegetal (iii) carbonatação (iv) Arenito dunar de Malhão	Dunar/Eólico	Plistocénico Médio (OIS6?)
Praia/Plataforma rochosa de Monte Figueira	(i) Formação de Monte Figueira	Litoral de praia	OIS 5
Escarpa de falha de Malhão	<i>Deformação tectónica regional; fragmentação do campo dunar e balançamento da plataforma de Monte Figueira</i>		OIS 5 – 4 ?
	Areia eólica	Dunar/Eólico	OIS 4 – 3 ?
Vales (entalhes)	Turfa /Paleossolo psamítico	Fluvial/ Lacustre / Pedogenético	42 519 ± 1 263 OIS 3? BP
Campo dunar de Aivados	(i) acumulação de areia eólica (ii) colonização vegetal (iii) carbonatação (iv) Arenito dunar de Aivados	Dunar/Eólico	OIS 3 – 2?
Campo dunar não consolidado	Areias eólicas soltas	Dunar/Eólico	Holocénico – OIS 1

QUADRO 2 – Sequência dos episódios geomorfológicos, do mais antigo para o mais recente (baseado em Pereira, 1990).

anteriormente referidos; (iii) patamares rochosos no sopé de arribas ou de vertentes costeiras.

Este nível possui depósitos de praia, aos quais se sobrepõem sedimentos eólicos, e tem sido objecto de diferentes abordagens: como marco da evolução quaternária do nível do mar (Zbyszewski, 1942; Zbyszewski e Ferreira, 1965; Daveau e Azevedo, 1980-81; Pereira e Regnaud, 1994) e sua relação com as flutuações climáticas e paleoambientais, em que se enquadra o estudo dos testemunhos de ocupação antrópica deste retalho costeiro (Antunes, 1990-91); indícios de neotectónica (Pereira e Regnaud, 1994); o estudo dos sistemas de vertente e o papel da morfologia costeira no trânsito sedimentar dos sistemas de vertente costeira e de arriba (emersa e submersa; Pereira e Regnaud, 1994; Regnaud *et al*, 1994). Datações recentes efectuadas a partir de conchas e do cimento dos depósitos de praia permitem um enquadramento cronológico destes sedimentos, fornecendo também um *terminus post quem* para a formação das AAEC suprajacentes.

Os depósitos correlativos deste nível iniciam-se sempre por um leito conglomerático grosseiro (elementos que podem ultrapassar 20 cm), de rochas calcárias, roladas, a que se sobrepõem areais de praia, que por vezes evidenciam estratificação com lâminas que podem atingir 5<sup>o</sup>, e areias eólicas depositadas de encontro a um obstáculo (a paleoarriba), sempre mais finas, com estratificação em cunha, mas cujas lâminas atingem 10<sup>o</sup>. A estratificação nem sempre é observável em todos os retalhos.

Foram colhidas diversas amostras de conchas marinhas no nível do Forte da Baralha, no seu extremo ocidental, dominado pela Chã dos Navegantes (a cerca de 7 m de altitude). As conchas submetidas a datação (designadas Baralha 1, 2 e 3, de oeste para leste) estavam incluídas em areia grosseira sem estratificação, consolidada por cimento calcário, o qual foi também submetido a datação na amostra Baralha 2 (QUADRO 3<sup>1</sup>).

Destas datações, as únicas duas que podem ser aceite, devido a problemas de contaminação (em particular da presença de grãos de areia agregados às conchas), são as derivadas das fracções internas de Baralha 1 e 3. Estas são estatisticamente idênticas, sendo assim admissível determinar o seu valor médio, obtendo-se 32 040 {+ 1 410 / -1 190 BP} (36 786 BP, ponto de intercepção com a curva de calibração; CalPal, 2004).

Este valor é próximo do obtido para o nível arqueológico da gruta da Figueira Brava, situado num testemunho identificável com o nível do Forte da Baralha e sensivelmente à mesma altitude do patamar rochoso junto ao forte, onde foi obtida a idade de 30 930 ± 700 BP (ICEN-387). Esta data marca a ocupação musteriense da gruta, correlativa de um ambiente fresco, que se segue, estratigraficamente, a um conglomerado marinho de base, este atribuído a uma transgressão marinha de águas mais quentes do que as actuais, dada a presença de *Patella safiana*. Antunes (1990/91) e Antunes *et al* (1989) atribuem a transgressão marinha ao episódio Denekamp e a ocupação ao último grande episódio glaciário.

As datas apresentadas (datas convencionais) não representam idades reais, uma vez que se desconhece o valor do efeito reservatório oceânico da altura. No entanto, esse valor deverá estar compreendido entre 400 e 800 anos (situação sem e com *upwelling* activo; Soares, 1993), pouco alterando as datas obtidas, dado o valor dos desvios padrões associados.

Contudo, as datações disponíveis indicam que o arenito dunar do Forte da Baralha se formou depois de cerca de ca. 37 ka BP.

---

<sup>1</sup> Estas datações forem efectuadas no âmbito do Projecto “As Arribas da Arrábida e o Sistema Ambiental Oceano-Atmosfera” (PEAM/C/CNT/28/91).

Ana Ramos Pereira e Diego E. Angelucci (2004) – Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos. In Tavares, A. A. et al (Eds.) *Evolução geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos*. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia. Universidade Aberta, p.221-256.

239

Localidade	Amostra	Posição estratigráfica	Referência do laboratório	Material	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	Resultado a 14C BP	Idade corrigida a $^{14}\text{C}$ BP	Data calibrada a cal BP ( $1\sigma$ )	Bibliografia
Morgavel		turfa infra-arenito de Aivados		matéria orgânica da turfa		<b>39 490 ± 2 340</b>		42 519 ± 1 263	Schröder-Lanz, 1971
Oitavos		paleossolo psamítico		matéria orgânica do paleossolo		<b>31 700 ± 1 700</b>		36 352 ± 2 081	Moniz, 1992
Forte da Baralha	1 camada intermédia		ICEN-1127	conchas marinhas muito fragmentadas, espécies diversas	-0,52	<b>25 250</b> {+3 990 / -2 650}		intersepção: ca. 29 050	
	1 camada interna		ICEN-1128	conchas marinhas, muitos fragmentos rolados	-1,69	<b>31 540</b> {+1 540 / -1 290}		intersepção: ca. 36 220	
	2		ICEN-1129	carbonato + cimento	-7,43	<b>23 810 ± 290</b>		27 741 ± 485	
	2 camada interna		ICEN-1130	conchas marinhas (≅ Baralha 1) + cimento	-4,51	<b>25 820</b> {+900 / -810}		intersepção: ca. 29 395	
	3 camada interna		ICEN-1131	conchas de <i>Mytilus</i> sp., bem conservadas, inteiras ou pouco fragmentadas	-0,91	<b>33 730</b> {+3 990 / -2 660}		intersepção: ca. 36 869	
Armação da Pera	1A	arenito de praia	ICEN-1050	conchas marinhas	+1,03	<b>3 670 ± 60</b>	3 290 ± 70	3 525 ± 79	Pereira e Soares, 1994
	1B	arenito de praia	ICEN-1051	conchas marinhas	+1,82	<b>3 830 ± 50</b>	3 450 ± 60	3 723 ± 81	Pereira e Soares, 1994
	2A	arenito dunar	ICEN-1052	arenito dunar	-0,97	<b>3 920 ± 100</b>	3 540 ± 100	3 835 ± 130	Pereira e Soares, 1994

QUADRO 3 – Datações radiométricas das AAEC do litoral de Portugal continental (as datações de São Julião e Magoito não estão incluídas, ver texto).

### Magoito

A duna consolidada que aflora na arriba norte de Magoito, na Estremadura, é talvez a mais conhecida de Portugal. A AAEC e o sedimento arqueológico infrajacente foram referenciados por Zbyszewski (1940) e Breuil e Zbyszewski (1942), e já na década de 1980 se obteve uma datação a partir de madeira carbonizada ( $9\,580 \pm 100$  BP, Daveau *et al*, 1982; Pereira, 1983) que veio transferir a ocupação antrópica para o Pré-Boreal e a idade da AAEC de Magoito para o Pré-Boreal – Boreal.

A disponibilidade de mais cortes expostos ao longo da arriba, de novas descobertas arqueológicas e de outras datações radiocarbono permitem precisar de forma mais clara a cronologia desta AAEC (A. M. Soares, 2003; A. M. Soares e Sousa, 2003). O *terminus post quem* para o início da acumulação das areias eólicas é fornecido pela datação do concheiro mesolítico que se encontra na sua base, cuja idade (média de seis datações provenientes de posições diferentes referidas à mesma ocupação) é de  $9\,520 \pm 40$  BP e que, em termos de data, se concentram aproximadamente entre 9 250 e 8 550 anos de calendário BC (intervalo  $2\sigma$ , *vide* Soares, 2003), ou seja, nas fases finais da cronozona pré-boreal. O *terminus ante quem* para a consolidação da duna é proporcionado pelas efémeras ocupações antrópicas que se localizam acima dela, cuja idade é de cerca de 5 600 BP, correspondente ao intervalo ( $2\sigma$ ) aproximado de 4 700 – 4 300 BC, que recai no Atlântico final (Soares, 2003). Estas informações atestam que os processos de acumulação eólica e consolidação da duna de Magoito tiveram lugar no intervalo temporal Boreal – Atlântico.

### São Julião

Em S. Julião, ao norte de Magoito, foram reconhecidas duas gerações de AAEC, na arriba norte e na vertente abrigada do vento (Pereira, 1987b). A mais antiga está carsificada e não foi possível datar. O arenito da geração mais recente cobre o arenito carsificado ou o que resta de um horizonte arqueológico. A relação física entre o AAEC mais recente e a estratificação arqueológica não é hoje observável (um dos assinantes, A. R. P., pôde observá-la na década de 1980), mas um conjunto de considerações geomorfológicas permitem inferir de forma clara que o arenito estava sobreposto ao material arqueológico, antes das intervenções antrópicas recentes terem levado à parcial destruição do registo estratigráfico e geomorfológico do local. As datações do espólio arqueológico representam assim um *terminus post quem* da acumulação dos AAEC superior de S. Julião e *terminus ante quem* da formação do inferior.

As três estações arqueológicas escavadas em S. Julião, indicadas respectivamente como S. Julião A, B e C, proporcionaram as seguintes datações (Soares, 1993; A. M. Soares e Sousa, 2003, no prelo – as datações sobre conchas marinhas estão corrigidas segundo as indicações de Soares, 1993):

- (i) S. Julião A deu cinco datações com valores relativamente homogéneos incluídos entre  $7\ 810 \pm 90$  e  $7\ 560 \pm 140$  BP (correspondentes, respectivamente, aos intervalos  $1\sigma$  de  $6\ 689 \pm 147$  e  $6\ 403 \pm 141$  a cal BC – estas calibrações e as seguintes foram realizadas com CalPal, 2004);
- (ii) duas datações estão disponíveis por S. Julião B, cuja idade se inclui entre  $8\ 170 \pm 80$  e  $7\ 960 \pm 55$  BP (respectivamente,  $7\ 199 \pm 104$  e  $6\ 877 \pm 120$  a cal BC);
- (iii) finalmente, as cinco datações obtidas em S. Julião C situam-se cronologicamente entre  $7\ 270 \pm 90$  e  $6\ 820 \pm 100$  BP (correspondentes a  $6\ 130 \pm 84$  e  $5\ 726 \pm 81$  a cal BC).

É evidente que as três localidades foram ocupadas por grupos de caçadores-recolectores mesolíticos em três momentos distintos do Holocénico, entre o final do VII e os inícios do VI milénios BC. Estas idades repartem-se diferentemente no espaço, as mais antigas situam-se na vertente abrigada e as mais recentes na arriba. Destes dados cronológicos e estratigráficos, deduz-se que a primeira geração de AAEC é, pelo menos, anterior às datações mais antigas registadas em S. Julião, ou seja, a  $8\ 170 \pm 80$  a BP, e que a segunda geração se formou apenas a partir de  $6\ 820 \pm 100$  BP, com a possível hipótese, tendo em conta a posição diferenciada das três localidades, que nesta altura a vertente abrigada fosse já sujeita a acumulação eólica, ainda não activa na arriba. Daqui poder-se-á deduzir que a formação da segunda geração de AAEC em S. Julião terá provavelmente uma idade atlântica, com a possibilidade de ter registado um início de acumulação sedimentar nas fases finais do Boreal.

#### *Armação da Pêra*

No litoral meridional, em Armação de Pêra, foram datados o arenito de praia e o arenito dunar que estão subjacentes às areias do sistema praia-duna actual.

A datação do arenito dunar restituiu o valor de  $3\ 540 \pm 100$  BP, enquanto o arenito de praia deu idades de  $3\ 290 \pm 70$  e de  $3\ 450 \pm 60$  (as datas convencionais de radiocarbono foram corrigidas para o efeito de reservatório oceânico, idade aparente média =  $380 \pm 30$  anos BP, de acordo com Soares, 1993; *vide* também Pereira e Soares, 1994; para calibração ver QUADRO 3).

Uma vez que qualquer sistema praia-duna se estabelece em função do nível do mar, a posição idêntica do sistema consolidado e não consolidado sugere terem-se formado com o nível do mar já estabilizado na posição actual. Os dados de Armação de Pêra sugerem que, há cerca de  $3\ 300$  anos BP, o nível do mar se situava aproximadamente à cota actual e que a consolidação, relativamente rápida deste sistema, terá sido favorecida pela acentuação da secura típica do clima de feição mediterrânea mais marcada, como ainda hoje sucede neste troço do litoral português.

### **Ponta de S. Lourenço (ilha da Madeira) e Ilha de Porto Santo**

Neste arquipélago existem testemunhos de mobilizações eólicas (A. F. Soares, 1973). Na década de 1990, Goodfriend *et al* (1996) concluíram as investigações sobre depósitos eólicos nestas ilhas, evidenciando haver testemunhos daquela dinâmica desde o Plistocénico Médio.

Na ilha da Madeira estes sedimentos atingem cerca de 40 m de espessura, constituídos por areias de origem vulcânica, essencialmente basálticas contendo bioclastos, bem calibradas, e por silts e argilas. As areias têm dois fácies distintos: areias pretas em que os grãos de carbonato são pouco significativos ou estão ausentes, e as areias brancas e negras em que os grãos de carbonatos bioclásticos variam entre 5 % e 15 % da composição fundamental da amostra, e cuja a análise microscópica revelou tratar-se de restos de animais marinhos. É nestas últimas, que representam o ciclo holocénico, que se encontram o que poderemos designar por AAEC, cuja acumulação eólica se terá iniciado há 8 200 BP e terminado há 4 500 BP, quando se registou uma interrupção da sedimentação por efeito da subida do nível do mar (Goodfriend *et al*, 1996).

Na ilha de Porto Santo, o sistema eólico tem 5 m de espessura e ter-se-á depositado entre 8 150 BP e 4 500 BP, ao longo de 3 700 anos, com uma interrupção na sedimentação a 6 100 BP.

## **4. Discussão**

### **4.1. O que representam as AAEC?**

Podemos abordar e interpretar as formas e as areias eólicas que as constituem de diversos pontos de vistas

- (i) como registo paleogeográfico, paleoclimático e, em geral, paleoambiental, representando fontes de informação que, uma vez inseridas no próprio contexto cronológico, nos fornecem informações sobre a evolução do litoral, as mudanças climáticas e as modificações do ambiente sedimentar e pedogenético do passado (vide mas adiante);
- (ii) procede do ponto anterior que as AAEC também representam um património geomorfológico e geológico do Quaternário (Pereira, 1995 e 2003), que deve ser estudado, protegido e valorizado;
- (iii) em litorais de substrato não carbonatados, como no Alentejo e Algarve ocidental, os arenitos eólicos funcionaram no decurso do Quaternário como ecótopos de migração das espécies vegetais mediterrâneas, ora para norte ora para sul, consoante as flutuações climáticas;
- (iv) no que diz respeito à Arqueologia, as AAEC constituem formas de acumulação rápidas, cujos mecanismos de sedimentação permitem a conservação do espólio e das estratificações arqueológicas; neste sentido

Ana Ramos Pereira e Diego E. Angelucci (2004) – *Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos*. In A. A. Tavares, M. J. Ferro Tavares e J. L. Cardoso (Eds.) – *Evolução geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos*. *Geologia, História, Arqueologia e Climatologia*. Universidade Aberta, p.221-256.

243

- podem também integrar o registo arqueológico, caso em que a elas deverão ser aplicadas as leis referentes à protecção do património arqueológico;
- (v) também podem representar locais onde se disponibilizam recursos de matéria-prima lítica (ex. extracção de mós em Malhão e Cabeça Gorda, no Alentejo litoral – FOTO 5), protecções naturais à erosão marinha e, por serem formadas por um litotipo resistente, as lajes caídas no sopé das arribas constituem abrigos para as lontras, contribuindo para a biodiversidade.



FOTO 5 – Negativos da extracção de mós em Malhão.

#### 4.2. Qual o potencial informativo paleoclimático e paleoambiental?

Dois processos principais geram as AAEC: a acumulação eólica litoral e a diagénese/pedogénese.

A acumulação eólica dá origem ao esqueleto arenoso que constitui a massa rochosa das AAEC e necessita, para se efectivar, de um conjunto de condições geográficas, geomorfológicas, climáticas, e, em geral, físico-químicas.

Nas AAEC do Alentejo, a estratificação entrecruzada, típica dos corpos dunares, está geralmente bem conservada e é bastante regular (Pereira, 1987a). Através do exame, em cada retalho de arenito dunar, da posição do plano de observação da laminação relativamente à sua posição no seio dos vários corpos arenosos eólicos (vertente barlavento, vertente sotavento, talude de encontro ou ao abrigo do obstáculo, etc.) e da medição das inclinações das lâminas de areia foi possível determinar a orientação dos ventos dominantes responsáveis pela sua génese e que terão sido predominantemente de N, NW e WNW (N5° a N255°), nas várias gerações reconhecidas (Pereira, 1990; FIG. 6), embora na costa vicentina os ventos de SW tenham ficado também registados. Na costa sul, junto a Sagres, estão preservados vestígios de ventos de W e de N, estes últimos constituídos por areias que se depositaram ao abrigo do obstáculo materializado pela arriba. Em Armação de Pêra, os ventos dominantes provinham do quadrante sul.

No que diz respeito à velocidade dos ventos que acumularam as areias, a análise de parâmetros como o da velocidade limiar repouso-movimento, tendo em atenção a dimensão média dos grãos (0,67-0,14 mm, fracção não carbonatada) e contabilizando a possível presença de nevoeiro, pela importância que a humidade atmosférica tem como elemento aglutinador das areias em ambiente litoral, indica não serem necessários ventos com mais de 15 km/h para mobilizarem areias com a referida dimensão média (Pereira, 1987a). A investigação realizada demonstra assim que a sedimentação das areias cimentadas foi determinada por ventos com orientação semelhante à actual e intensidade de ordem análoga aos ventos que se podem registar hoje.

Outro requisito para a génese dos vários tipos de AAEC documentadas na costa portuguesa ocidental é a disponibilidade, com intervalos de tempo relativamente longos, de sedimento de textura arenosa, usualmente fornecido pelas areias de praia e pelos depósitos fluviais que alcançam a costa, em quantidade suficiente para alimentar o agente eólico.

Em termos paleoambientais e paleogeográficos, deverão ter existido um conjunto de condições que podem favorecer a formação de AAEC, como sejam a actuação de processos de erosão no continente, permitindo aos cursos de água trazer para o litoral abundantes depósitos fluviais, e a descida do nível do mar ou a existência de uma fase, mais ou menos prolongada, de *lowstand*, e conseqüentemente de uma situação regressiva. A formação de pelo menos parte das AAEC em fases de regressão está demonstrada pelo facto de elas continuarem, frequentemente, debaixo do actual nível do mar, embora para as gerações mais antigas não se possa descartar a deformação tectónica.

Ana Ramos Pereira e Diego E. Angelucci (2004) – Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos. In A. A. Tavares, M. J. Ferro Tavares e J. L. Cardoso (Eds.) – *Evolução geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos*. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia. Universidade Aberta, p.221-256.

245

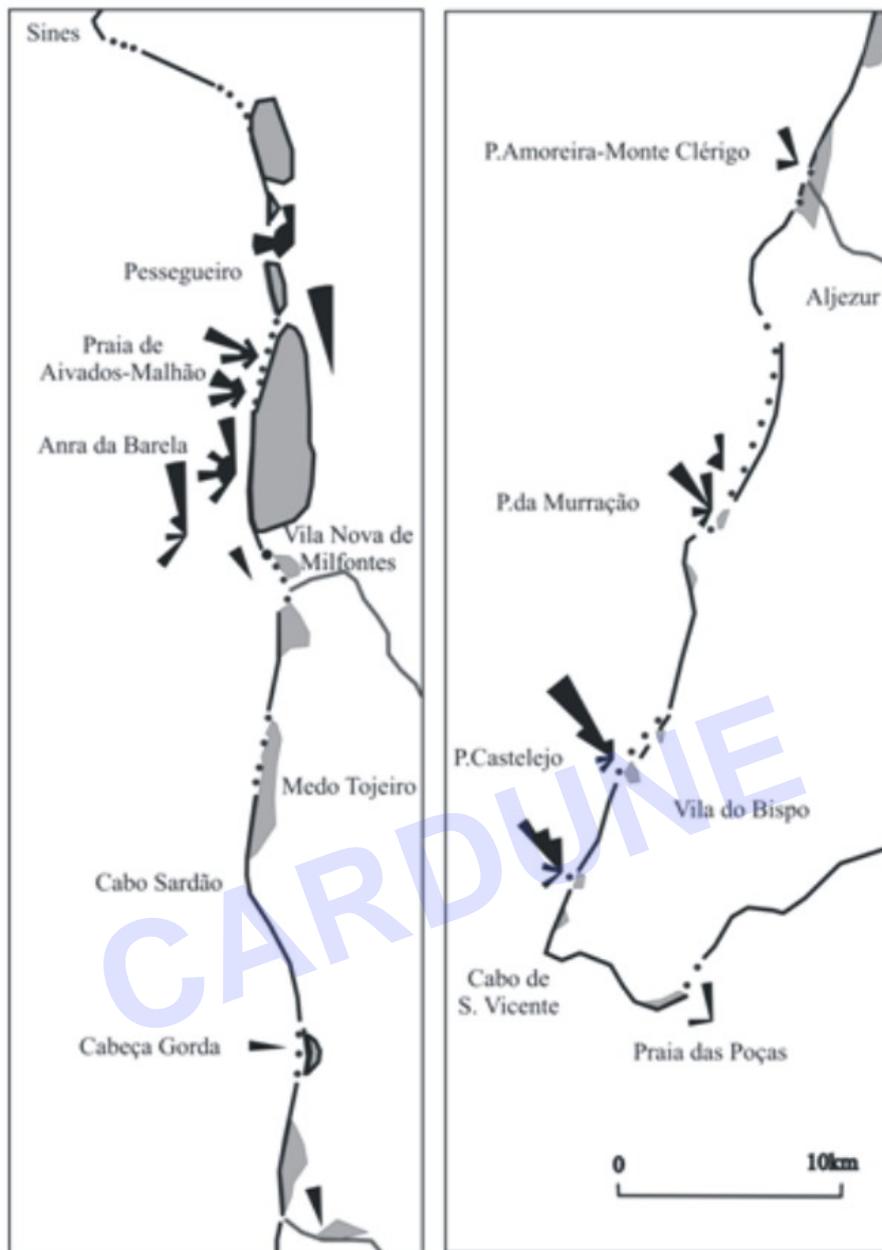


FIG. 6 – Orientação dos paleoventos geradores de AAEC no Alentejo e Algarve ocidental (adaptado de Pereira, 1987a).

A diagénese manifesta-se no conjunto de fenómenos, principalmente a carbonatação (química e veiculada biologicamente), que levam à cimentação das areias, e que também pressupõem um conjunto de condições específicas. A cimentação que tem lugar nas AAEC é de zona seca (vadosa) e pode ser particularmente rápida devido à posição costeira das dunas, no interface zona seca, zona freática de água doce e água marinha.

Como já se disse, os autores concordam em atribuir às conchas carbonatadas transportadas pelo próprio vento a origem primária dos carbonatos que levam à cimentação, sem porém esquecer as contribuições dos carbonatos de origem biológica ou acumulados através da acção biológica, que estão bem documentados pela vulgar presença de rizoconcreções. Como já foi mencionado anteriormente, para a acumulação de carbonatos e a conseqüente cimentação são precisas condições climáticas semi-áridas ou, pelo menos, xéricas. É esta a razão principal que leva a considerar as AAEC como um produto de períodos com tendência climática árida ou semi-árida.

Finalmente, muitas AAEC contêm paleossolos, que indicam a interrupção dos processos de acumulação eólicos e o desenvolvimento de processos pedogenéticos. Os paleossolos representam, para além de contentores de informação paleoambiental e de possíveis elementos para datação absoluta, o suporte no qual frequentemente se apoiam eventuais ocupações antrópicas, constituindo assim as posições de mais elevada sensibilidade arqueológica.

Se se tiver que resumir o conjunto de condições preferenciais necessárias para que se verifique a acumulação de areia eólicas litorais e posterior cimentação, referir-se-á:

- (i) uma fase de acreção, com baixo nível do mar e exposição da plataforma continental interna, presença de sedimentos arenosos de praia ou de rio, em condições de relativa secura para permitir a mobilização das areias, e ventos com velocidade mínima de 15 km/h, capazes de transportar os elementos mais finos e acumular as areias, por excesso de carga ou aumento da rugosidade topográfica;
- (ii) sucessivamente, a existência de clima com tendência xérica (um clima de feição mediterrânea marcada poderá ter sido suficiente), que permita a precipitação química e a cimentação das areias eólicas; não poderá deixar de referir-se, contudo, a necessidade de humidade no ar que permita a acumulação de gotículas de água nos interstícios entre os grãos de areia capazes de transformar o carbonato de cálcio das conchas em bicarbonato e vice-versa; estas condições (com nevoeiros litorais) estarão facilitadas se a linha de costa estiver relativamente perto e não no máximo regressivo, em que o nível do mar terá atingido -120m, e em que a linha de costa podia estar afastada várias dezenas de quilómetros. Este raciocínio, já expresso em Pereira (1987a) a propósito do litoral do Alentejo e Algarve ocidental, é retomado por Brooke (2001).

A ocorrência de AAEC em Armação da Pêra parece, numa primeira abordagem constituir a excepção, mas que poderá ser apenas aparente. Na

realidade trata-se de uma região com características ainda hoje semi-áridas (o quantitativo de precipitação actual não atinge 500 mm), embora as condições térmicas não sejam as mais favoráveis à mobilização dos carbonatos. Só a prossecução da investigação poderá esclarecer estas dúvidas.

### 4.3. AAEC e registo arqueológico

Os AAEC estão frequentemente associados, ao registo arqueológico. Muitas das localidades acima mencionadas constituem, para além de pontos de ocorrência de sedimentos eólicos, sítios arqueológicos, cujo espólio arqueológico pode estar conservado em posições variadas, infra, intra ou supra arenito.

A frequente associação entre AAEC e registo arqueológico diz respeito às próprias características da acumulação eólica, que representa um dos meios sedimentares com maior probabilidade de conservação de vestígios arqueológicos. Contudo, a erosão eólica pode modificar de forma significativa a distribuição espacial original de uma associação de objectos ou levar a uma conservação diferencial de determinadas classes de materiais arqueológicos (Wandsnider, 1987; Waters, 1992).

A conservação de um nível de ocupação enterrado por areias de duna sucessivamente estabilizada (quer seja na base ou no interior da duna) é garantida, como terá sido o caso dos sítios de Magoito e São Julião mencionados acima. A eventual consolidação pelos processos de carbonatação já descritos facilita ainda mais a probabilidade de conservação do espólio arqueológico, em particular no que diz respeito às associações faunísticas, abrandando os processos de dissolução e acidificação do sedimento subjacente.

Por outro lado, se a estabilização da duna não tiver lugar de forma rápida (ou também se houver reactivação da duna), o espólio arqueológico poderá passar a estar sujeito a processos de deflação, com conseqüente eolização dos objectos, desaparecimento da fracção fina do sedimento arqueológico (mais ou menos acentuada segundo a sua granulometria, resistência e estrutura), dispersão e deslocação diferencial dos objectos dependendo do tamanho e da forma, criando assim associações arqueológicas distorcidas relativamente à situação original.

Contudo, se a relação estratigráfica entre AAEC e registo arqueológico é óbvia, o mesmo não se pode afirmar quanto à relação sistémica entre estes dois elementos. Os vestígios de ocupação humana que se relacionam fisicamente com antigas acumulações eólicas estão, de facto, enterrados ou selados pelas areias dunares, mas estão associados a outros elementos como paleossolos, sedimentos de vertentes ou plataformas de erosão. As ocupações antrópicas registadas nas AAEC não têm qualquer relação com o ambiente eólico, mas sim com a exploração dos recursos do ambiente litoral, como está bem demonstrado pelas associações faunísticas recolhidas nos sítios de Magoito ou S. Julião (*vide supra*). A relação estratigráfica exprime uma mudança abrupta entre contextos pedo-sedimentares diferentes, materializadas por superfícies de discordância. Aliás, a

Ana Ramos Pereira e Diego E. Angelucci (2004) – *Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos*. In A. A. Tavares, M. J. Ferro Tavares e J. L. Cardoso (Eds.) – *Evolução geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos*. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia. Universidade Aberta, p.221-256.

248

acumulação eólica constitui um potente elemento de *bias* do ponto de vista arqueológico, porque a distribuição dos sistemas dunares estabilizados e consolidados leva a uma conservação diferencial das associações arqueológicas originais.

Pese esta falta de relação sistémica (contextual), o elevado potencial arqueológico dos sedimentos aqui analisados, faz deles pontos preferenciais para o achado de vestígios pré-históricos, razão pela qual as AAEC têm de ser consideradas como elementos de elevada sensibilidade arqueológica e patrimonial, limitando ao máximo as intervenções destrutivas ou de modificação não só pelo seu potencial informativo e por ser parte do património geomorfológico, mas também pela razão aqui indicada.

#### **4.4. Cronologia e relações com o registo paleoclimático**

Resumindo os dados cronológicos disponíveis, podemos reconhecer as seguintes fases de formação de AAEC na costa portuguesa:

##### *Plistocénico Médio – OIS 6*

Uma fase anterior ao Plistocénico Superior está documentada em Malhão, pelo arenito com o mesmo nome. Como consta do Quadro 2, este arenito é anterior à plataforma rochosa de Monte Figueira, atribuída ao Último Interglaciário (Eemiano, ou OIS 5), e foi fragmentado pela fase de deformação tectónica regional também responsável pelo balançamento da plataforma de Furada do Norte. Estes dados permitem atribuir uma cronologia pré-eemiana ao arenito dunar de Malhão, cuja formação poderá datar do Plistocénico Médio, talvez do OIS 6. É este o episódio mais antigo de formação de AAEC documentado ao longo do litoral português, embora não se possa excluir a existência doutras AAEC pré-eemianas.

##### *Plistocénico Superior, primeira fase*

A primeira fase de acumulação eólica do Plistocénico Superior é documentada pelas areias eólicas não consolidadas em Malhão, subjacentes ao paleossolo psamítico atribuído ao OIS 3, cuja formação poderá ser aproximadamente simultânea da turfa datada de ca. 42.5 ka cal BP. A posição cronológica desta fase, que não resultou na formação de AAEC, é incerta e só é possível sugerir que pertença ao intervalo OIS 4 – OIS 3.

Um cenário possível é que o período de acumulação se localize algures no intervalo cronológico algures 60-40 ka BP, em que está documentada a formação de eolianitos em diversos pontos do Mar Mediterrâneo (*vide supra*). Neste intervalo, o nível do mar desce significativamente, atingindo os -80 m do actual (FIG. 7), e, simultaneamente, observa-se um incremento da actividade eólica, registado na curva de concentração do ião cálcio (considerado um indicador das contribuições sedimentares continentais e, em particular, das eólicas; Führer *et al*, 1993; De Angelis *et al*, 1997) da sondagem GRIP e pela concentração de poeira atmosférica da estação antárctica Vostok (FIG. 7).

#### *Plistocénico superior, segunda fase*

A existência de uma fase mais recente de formação de AAEC durante o Plistocénico Superior é indicada por três datações, referentes respectivamente à segunda geração da AAEC no Alentejo (Aivados, posterior a ca. 42.5 ka cal BP – ver QUADRO 2), ao arenito do Forte da Baralha (posterior a ca. 36-37 ka cal BP) e à duna de Oitavos (posterior a ca. 36.3 ka cal BP). Neste caso também a atribuição cronológica é incerta, sendo que em todos os casos as datações representam *termina post quem*, mas a posição geomorfológica destes AAEC sugere que estas sejam anteriores ao Holocénico. Na ausência de mais informações, é possível sugerir, embora com alguma cautela, que estas três AAEC indiquem uma fase de acumulação eólica nas fases finais do OIS 3 ou durante o OIS 2. Mais uma vez, este dado é apoiado também na informação paleoclimática e paleoambiental disponível, que indica um nível do mar notavelmente baixo (-120 m do actual; FIG. 7b) e uma intensa actividade eólica durante o OIS 2, documentada pelo notável incremento de concentração do ião cálcio na sondagem GRIP e de poeira na sondagem Vostok (FIG. 7d e 7e). A formação de AAEC durante o OIS 2 está registada também noutras áreas, nomeadamente no Mediterrâneo (*vide supra*). Porém e de acordo com as possíveis condições de formação apresentadas anteriormente, o nível do mar não deveria estar na sua posição mais baixa. É provável que a este ciclo de formação corresponda também a acumulação da primeira geração de AAEC de São Julião.

#### *Holocénico antigo*

O ciclo de formação incluído entre ca. 9.5 e 5.6 ka BP (correspondente a ca. 9 250 – 8 550 BC e 4 700 – 4 300 BC) é bem documentado pelas datas de Magoito e talvez pela segunda geração de S. Julião.

Ambas as ocorrências evidenciam que o início do Holocénico se caracterizou por relativa estabilidade e biostasia, e que foi só a partir de determinada altura que se registou uma significativa activação dos processos

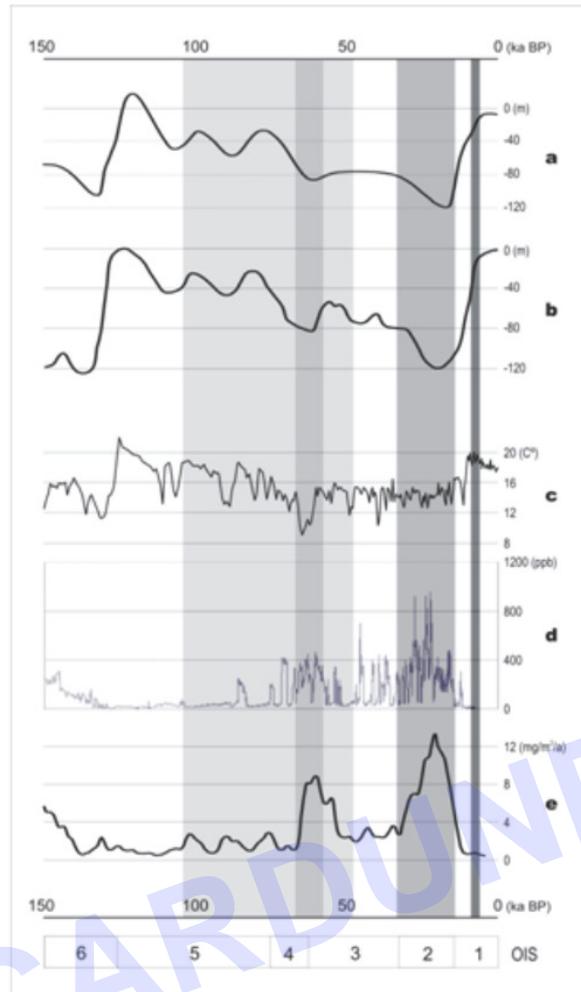


FIG. 7 – Possíveis relações entre as fases de formação de AAEC e alguns dados proxy paleoclimáticos entre 150 000 anos e o actual.

a – modelação da variação do nível do mar baseada na insolação (modificado a partir de Labeyrie *et al*, 2003 e bibliografia anterior); b – variação do nível relativo do mar (RSL) (modificado a partir de Labeyrie *et al*, 2003 e bibliografia anterior); c – temperatura estimada da água superficial (SST) do Oceano Atlântico, sondagem MD95-2042 (localizada ao largo da costa portuguesa, à altura de Sines – modificado a partir de Delphine e Bard, 2002 e bibliografia anterior); d – concentração de cálcio (iões  $\text{Ca}^{2+}$ ), sondagem GRIP (desenhada a partir dos dados de: [http://nsidc.org/data/gisp\\_grip/data/grip/chem/ca.dat](http://nsidc.org/data/gisp_grip/data/grip/chem/ca.dat), vide De Angelis *et al*, 1997 e bibliografia anterior); e – concentração de poeira (“dust flux”), sondagem Vostok. Os campos em tons de cinza representam as prováveis fases de formação das AAEC (à cor mais escura corresponde maior probabilidade).

eólicos. No Holocénico antigo o mar ainda não tinha atingido o nível actual, encontrando-se entre -20/-30m (Pirazzoli, 1996 e Dias *et al*, 1997), pelo que a reactivação eólica poderá dever-se a uma modificação das condições ambientais ou a flutuações climáticas, como é o caso do denominado "evento 8200", ou seja um episódio de instabilidade climática, abrupto e de intensidade significativa (ex. avalia-se uma descida da temperatura de ca. 5°C na Gronelândia), documentado nos registos árticos e europeus há cerca de 8200 BP, ao qual corresponde provavelmente uma reorganização dos sistemas hidrológicos e dos cobertos vegetais, especialmente nas baixas latitudes (Von Grafenstein *et al*, 1998 – no registo dos dados *proxy* da FIGURA 7, o "evento 8200" é quase invisível à escala de representação). É provável que os processos de diagénese que levaram à cimentação das areias eólicas estejam correlacionáveis com as novas condições que se instauram a partir do Atlântico. De qualquer forma, com a continuação do óptimo climático médio-holocénico, as condições mudam novamente, existindo, já a ca. 5.6 ka BP, condições para a actuação da pedogénese. Mais uma vez, destaca-se a correspondência cronológica com processos análogo em outras áreas localizadas à mesma latitude, nomeadamente com as Ilhas Baleares e com a ilha de Madeira.

#### *Holocénico recente*

Finalmente, regista-se uma fase de formação de AAEC já durante fases mais recentes do Holocénico, como documentado pelas informações cronométricas disponíveis pela Armação de Pêra, onde a formação de arenito dunar data dos primeiros séculos do IV milénio BP.

### **5. Considerações finais e perspectivas**

Nesta contribuição, foi abordada a questão do significado e da cronologia das acumulações eólicas do Quaternário recente, com particular relevo pelas AAEC que, pelas suas características de maior competência, ficam geralmente bem conservadas e constituem um importante registo de condições ambientais específicas do passado. Em particular, considerou-se que a formação das AAEC corresponde, quase sempre com fases de baixo nível do mar associadas com a relativa escassez de coberto vegetal, tendência à instabilidade geomorfológica e resistasia, seguidas de períodos com tendência climática xérica (talvez acompanhado por uma relativa melhoria do clima) que incentivaram a sua colonização por vegetação e a diagénese destas formações, e consequentemente a sua conservação.

Perante a relativa escassez de datações disponíveis, não foi possível traçar um sistema cronológico pormenorizado, mas, pelo menos, propor um esquema

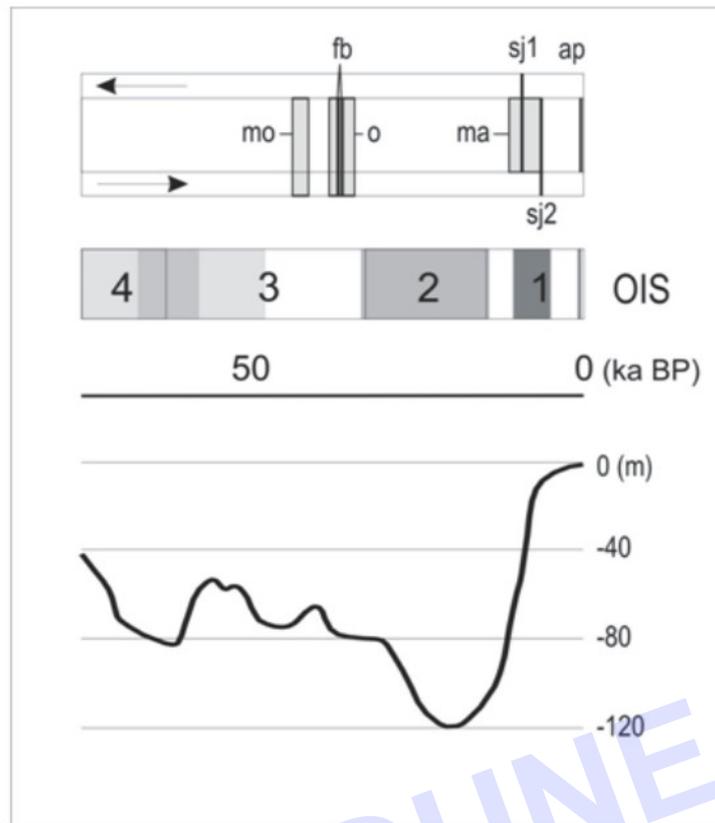


FIG. 8 – Ampliação da FIG. 7, para o intervalo de tempo correspondente aos últimos quatro OIS (aproximadamente 74-0 ka BP), representando as datações mencionadas no texto, a variação do nível (dados *proxy*) e os intervalos de probabilidade para a formação de AAEC. As datações estão representadas, no quadro superior, em termos de intervalo de probabilidade  $1\sigma$  e em anos calibrados BP: a linha superior (seta para a esquerda) indica as datações que constituem *termina ante quem*; a linha inferior (seta para a direita) as utilizadas como *termina post quem*. As possíveis fases de formação de AAEC indicam-se no diagrama dos OIS com tramas de tons de cinza (ao tom mais escuro, corresponde a maior probabilidade).

mo – Morgavel; fb – Forte da Baralha; o – Oitavos; ma – Magoito; sj1 e sj2 – *terminus ante quem* para a primeira geração de São Julião e *terminus post quem* para a segunda geração, respectivamente; ap – Armação de Pêra.

Ana Ramos Pereira e Diego E. Angelucci (2004) – Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos. In A. A. Tavares, M. J. Ferro Tavares e J. L. Cardoso (Eds.) – *Evolução geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos*. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia. Universidade Aberta, p.221-256.

253

que constitui uma hipótese de trabalho para o futuro. Esta proposta evidencia diversas fases de formação de AAEC no Plistocénico Médio/Superior e Holocénico e, apesar das incertezas ainda existentes, permite sublinhar a possível sincronia com outras áreas das médias latitudes e a correspondência com o registo paleoclimático fornecido pelos dados *proxy*. Neste sentido, outra possível hipótese de trabalho para o futuro consistirá em averiguar, através de projectos pontuais de datação, se a génese AAEC não represente um fenómeno comum a esta faixa latitudinal, que se repete ciclicamente, em ocasião de condições climáticas e ambientais específicas (ex. nas fases regressivas) ou de eventos pontuais mais ou menos abruptos (ex. no caso do "evento 8200").

## Referências

- ABEGG, F. E. R.; HARRIS, M. M. e LOOPE, D. B. (2001) – *Modern and Ancient Carbonate Eolianites: Sedimentology, Sequence Stratigraphy, and Diagenesis*. Tulsa: SEPM (SEPM Special Publication; 71), p.207.
- ANTUNES, M. TELLES (1990/91) – O Homem da Gruta da Figueira Brava (ca. 30 000 BP). Contexto ecológico, alimentação, canibalismo. *Memórias da Academia das Ciências de Lisboa (Classe Ciências)*, 31, p.487-536.
- ANTUNES, M. TELLES; CABRAL, J. M. P.; CARDOSO, J. P.; PAIS, J. e SOARES, A. M. (1989) – Paleolítico médio e superior em Portugal: datas  $^{14}\text{C}$ , estado actual dos conhecimentos, síntese e discussão. *Ciências da Terra*, 10, p.127-138.
- BAGNOLD, R. A. (1941) – *The Physics of blown sand and desert dunes*. London: Methuen.
- BEAUDET, G. (1986) – Les dunes "moghrebiennes" de la Meseta littorale entre rabat et Mohammedia. Problèmes posés par leur gresification et leur formations superficielles. *Révue de Géographie du Maroc (nouvelle série)*, 10, p.1-2.
- BREUIL, H. e ZBYSZEWSKI, G. (1942) – Contribution à l'étude des industries paléolithiques du Portugal et leurs rapports avec la géologie du Quaternaire. *Comunicações Serviços Geológicos Portugal*, 23:1.
- BROOKE, B. (2001) – The distribution of carbonate eolianite. *Earth Science Reviews*, 55:1-2, p.135-164.
- BURJACHS, F.; PÉREZ-OBÍOL, R.; ROURE, J. M. e JULIÀ, R. (1994) – Dinámica de la vegetación durante el Holoceo en la isla de Mallorca. In *Trabajos de Palinología Básica y Aplicada. X Simposio de Palinología (A.P.C.E.)*. València: Universitat de València, p.199-210.
- CALPAL (2004) – Cologne Radiocarbon Calibration & Paleoclimate Research Package, update Jan 2004. [www.calpal.de](http://www.calpal.de)
- CREMASCHI, M. (1995) – The Eolianities and the Related Paleosols of the Elba Island (Tyrrhenian Sea – Central Italy). The Upper Pleistocene-Holocene Environmental Changes in the Mediterranean Area, as Recorded by Paleosols. *Abstract of the XIV INQUA Congress* (Berlin, 1995).

Ana Ramos Pereira e Diego E. Angelucci (2004) – Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos. In A. A. Tavares, M. J. Ferro Tavares e J. L. Cardoso (Eds.) – *Evolução geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos*. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia. Universidade Aberta, p.221-256.

254

- DAVEAU, S. e AZEVEDO, T. M. (1980-81) – Aspectos da evolução do relevo da extremidade sudoeste da Arrábida (Portugal). *Boletim Sociedade Geológica Portugal, volume de homenagem ao Prof. Carlos Teixeira*, p.163-180.
- DAVEAU, S.; PEREIRA, A. RAMOS e ZBYSZEWSKI G. (1982) – Datation au C<sup>14</sup> du site archéologique de la plage de Magoito (Portugal) scellé par une dune consolidée. *Clío*, 4, p.133-136.
- DE ANGELIS, M.; STEFFENSEN, J. P.; LEGRAND, M. R.; CLAUSEN, H. B. e HAMMER, C. U. (1997) – Primary aerosol (sea salt and soil dust) deposited in Greenland ice during the last climatic cycle: Comparison with east Antarctic records. *Journal of Geophysical Research*, 102, p.26681-26698.
- DELPHINE, P. e BARD, E. (2002) – High frequency Palaeoceanographic Changes during the Past 140 000 yr Recorded by the Organic Matter in Sediments of the Iberian Margin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 181, p. 431-452.
- DIAS, J. M. ALVEIRINHO; RODRIGUES, A. e MAGALHÃES, F. (1997) – Evolução da linha de costa, em Portugal, desde o último máximo glaciário até à actualidade: síntese dos conhecimentos. *Estudos do Quaternário*, 1, p. 53-66.
- FRECHEN, M.; DERMANN, B.; BOENIGK, W. e RONEN, A. (2001) – Luminescence chronology of aeolianites from the section at Givat Olga - Coastal Plain of Israel. *Quaternary Science Reviews*, 20:5-9, p. 805-810.
- FÜHRER, K.; NEFTEL, A.; ANKLIN, M. e MAGGI, V. (1993) – Continuous measurements of hydrogen peroxide, formaldehyde, calcium and ammonium concentrations along the GRIP ice core from Summit, central Greenland. *Atmospheric Environment*, 27A:12, p. 1873-1990.
- GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, F. M.; GOY, J. L.; ZAZO, C. e SILVA, P. G. (2001) – Actividade eólica - cambios del nivel del mar durante los últimos 170.000 años (litoral de Mallorca, Islas Baleares). *Cuaternario & Geomorfología*, 15:3-4, p. 67-75.
- GOODFRIEND, G. A.; CAMERON, R. A. D.; COOK, L. M.; COURTY, M.-A.; FEDOROFF, N.; LIVETT, E. e TALLIS, J. (1996) – The Quaternary eolian sequence of Madeira: stratigraphy, chronology, and paleoenvironmental interpretation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 120:2, p.195-234.
- GRÁCIA, F.; CLAMOR, B.; LANDRETH, R.; VICENS, D. e WATKINSON, P. (2001) – Evidências geomorfológicas dels canvis del nivell marí. In PONS, G. X.; GUIJARRO, J. A. (Eds) *El canvi climàtica: passat, present i futur*. Societat d'Història Natural de les Balears: Palma de Mallorca, p.91-119.
- GRAFENSTEIN, U. VON; ERLLENKEUSER, H; MÜLLER, J.; JOUZEL, J. e JOHNSEN, S. (1998) – The cold event 8200 years ago documented in oxygen isotope records of precipitation in Europe and Greenland. *Climate Dynamics*, 14:2, p.73-81.
- LABEYRIE, L.; COLE, J. E.; ALVERSON, K. e STOCKER, T. (2003) – The history of climate dynamics. In ALVERSON, K.; BRADLEY, R.S.; PEDERSEN, T. (Eds) *Paleoclimate, Global Change and the Future*, Berlin: Springer-Verlag, , p. 33-61.
- MACKENZIE, F. T. (1964) – Bermuda Pleistocene eolianites and paleowinds. *Sedimentology*, 3, p.52-64.
- MONIZ, C. M. (1992) – *Análise de fracturação. Exemplos de aplicação nas dunas consolidadas de Oitavos e Praia da Aguda*. Provas de Apt. Pedag. e Cient., Departamento de Geologia, Univ. de Lisboa, p.172.

Ana Ramos Pereira e Diego E. Angelucci (2004) – Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos. In A. A. Tavares, M. J. Ferro Tavares e J. L. Cardoso (Eds.) – *Evolução geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos*. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia. Universidade Aberta, p.221-256.

255

- MOREIRA, M. E. S. A. (2003) – Geomorphological Evolution of the Southern Coast of Mozambique. Session: Coastal Impacts of Sea-Level Rise. *Abstract Association of American Geographers (AAG) 2003 Annual Meeting*.
- PASKOFF, R.; SANLAVILLE, P. e BOURGOU, M. (1983) – Stratigraphie et genèse des eolianites du Würm et de l' Holocène sur le littoral de la Tunisie. *Compte-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* (série II), 296, p. 1263-1266.
- PEREIRA, A. RAMOS (1983) – Enquadramento geomorfológico de um sítio datado por  $^{14}\text{C}$  na praia de Magoito (concelho de Sintra, Portugal). *Actas da IV Reunion do Grupo Español de Trabajo del Cuaternário*, p.551-553.
- PEREIRA, A. RAMOS (1987a) – Acumulações arenosas eólicas consolidadas do litoral do Alentejo e Algarve ocidental. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos (Linha de Acção de Geografia Física; 27), p.111.
- PEREIRA, A. RAMOS (1987b) – Aspectos do relevo de Portugal. Litoral entre a Serra de Sintra e a praia de S. Julião (Ericeira). *Finisterra*, 22:44, p. 419-422.
- PEREIRA, A. RAMOS (1990) – *A plataforma litoral do Alentejo e Algarve ocidental. Estudo de Geomorfologia*. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física, especialidade Geomorfologia, Universidade de Lisboa, p.450. + vol. anexos.
- PEREIRA, A. RAMOS (1992) – *A geomorfologia da margem continental portuguesa e a interdependência das plataformas continental e litoral. Evolução do conhecimento e linhas de investigação*. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos (Linha de Acção de Geografia Física; 30), p.85.
- PEREIRA, A. RAMOS (1995) – Património geomorfológico no litoral sudoeste de Portugal. *Finisterra*, 30:59-60, p. 7-25.
- PEREIRA, A. RAMOS (2003) – "Dunas consolidadas" em Portugal: Património geomorfológico e indicador ambiental. Vila Real. In *III Seminário Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território*. UTAD: Vila Real, p. 273-282.
- PEREIRA, A. RAMOS; SOARES, A.M. (1994) – A estabilização holocénica do nível do mar. Vestígios no litoral de Armação de Pêra. (1<sup>o</sup> Symposium on the Atlantic Iberian Continental Margin). *Gaia*, 9, p. 90-93.
- PEREIRA, A. RAMOS e CORREIA, E. B. (1985) – *Dunas consolidadas em Portugal: análise da bibliografia e algumas reflexões*. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos (Linha de Acção em Geografia Física; 22), p.68 + anexos.
- PEREIRA, A. RAMOS e REGNAULD, H. (1994) – Litorais quaternários (emersos e submerso) na extremidade sudoeste da Arrábida (Portugal). In PEREIRA, A. RAMOS et al (Eds.) *Contribuições para a geomorfologia e dinâmicas litorais em Portugal*, Lisboa: Centro de Estudos Geográficos (Linha de Acção em Geografia Física; 35), p.55-73.
- PIRAZZOLI, P. A. (1996) – *Sea-Level changes. The last 20 000 years*. Chischester: John Wiley & Sons, p.211.
- REGNAULD, H.; PEREIRA, A. RAMOS; DIAS, J. ALVEIRINHO e GOUÉRY, P. (1994) – Chaotic distribution of ravines in the Arrábida region: implication for recent tectonics. *Gaia*, 9, p.103-108.
- SCHRÖDER-LANZ, H. (1971) – Die ersren  $^{14}\text{C}$  datierten Mittelwurbbildungen von der sudlichen Alentejokuste (Portugal). *Eisszeitalter u. Gegenwart*, 22, p.3-42.

Ana Ramos Pereira e Diego E. Angelucci (2004) – Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos. In A. A. Tavares, M. J. Ferro Tavares e J. L. Cardoso (Eds.) – *Evolução geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos*. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia. Universidade Aberta, p.221-256.

256

- SIVAN, D.; GVIRTZMAN, G. e SASS, E. (1999) – Quaternary Stratigraphy and Paleogeography of the Galilee Coastal Plain, Israel. *Quaternary Research*, 51:3, p.280-294.
- SOARES, A. F. (1973) – A formação eolianítica da ilha de Porto Santo. *Memórias e Notícias*, 17, p.47-88
- SOARES, A. M. (1993) – The  $^{14}\text{C}$  content of marine shells: evidence for variability in coastal upwelling off Portugal during the Holocene. In *Isotope Techniques in the Study of Past and Current Environmental Changes in the Hydrosphere and the Atmosphere (Proceedings)*, Wien: I.A.E.A., p.471-485.
- SOARES, A. M. (2003) – A duna de Magoito revisitada. *Revista Portuguesa de Arqueologia*, 6:1, p.83-100.
- SOARES, A. M. e SOUSA, A. C. (2003) – Aeolianites of the coastal region of Lisbon - A contribution to their dating. In VILAS F.; RUBIO, B.; DIEZ, J. B.; FRANCÉS, G.; BERNABEU, A. M.; FERNÁNDEZ, E.; REY, D.; ROSÓN, G. (Eds.) *Special Volume on the 4th Symposium on the Atlantic Iberian Continental Margin*. Thalassa, 19:2b, p.182-183.
- SOARES, A. M. e SOUSA, A. C. (no prelo) – Cronologia absoluta. Em S. Julião, *Cadernos de Arqueologia de Mafra*, 2.
- SOIL SURVEY STAFF (1979) – *Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for making and interpreting soil surveys*. Washington DC: U.S. Gov. Print. Office (USDA-SCS Agricultural Handbook; 436).
- TSOAR, H. e MÜLLER, J. T. (1986) – The role of vegetation in the formation of linear sand dunes. In NICKLING, W. G. (Ed.) *Aeolian Geomorphology*, London: Allen & Unwin.
- WANDSNIDER, L. (1987) – Natural formation process experimentation and archaeological analysis. In NASH, P. T.; PETRAGLIA, D. (Eds.) *Natural Formation Processes and the Archaeological Record*. British Archaeological Reports, International Series, 352, p.150-185
- WATERS, M. R. (1992) – *Principles of geoarchaeology. A North American perspective*. Tucson: University of Arizona press, p.xxiv-398.
- ZBYSZEWSKI, G. (1940) – Contribution à l'étude du littoral quaternaire du Portugal. *Publicações Museu Laboratório Mineralogia Geologia Faculdade Ciências do Porto*, 15.
- ZBYSZEWSKI, G. (1942) – La classification du Paléolithique ancien et la chronologie du Quaternaire de Portugal. *Boletim Sociedade Geológica Portugal*, 2:2, p.111.
- ZBYSZEWSKI, G. e FERREIRA, O. DA VEIGA (1965) – *Carta Geológica de Portugal, Notícia explicativa da folha 34-A (Sintra)*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal.