

A Duna Consolidada de Oitavos (a Oeste de Cascais – Região de Lisboa) – a sua Datação pelo Método do Radiocarbono

The Consolidated Dune of Oitavos (West of Cascais – Lisbon Region) – its Dating by the Radiocarbon Method

A. M. MONGE SOARES*; C. MONIZ** & J. CABRAL***

Palavras-chave: Duna consolidada, Datação pelo radiocarbono, Fiabilidade de datas, *Helix sp.*, OIS 3.

Resumo: A duna consolidada de Oitavos, atribuída ao Quaternário, situa-se junto ao litoral, a oeste de Cascais. Apresenta-se o programa de datações pelo radiocarbono que permitiu a datação dessa duna e discute-se a fiabilidade das datas obtidas. Processaram-se amostras de *Helix* provenientes não só da duna de Oitavos, mas também da duna consolidada de Magoito, localizada cerca de 16 km para norte e já devidamente datada por aquele método de datação absoluta, e ainda amostras de um contexto arqueológico da Encosta de Sant'Ana (Baixa da cidade de Lisboa), com o objectivo de aferir a validade das datações de Oitavos sobre *Helix*. Também o paleossolo existente na base da duna de Oitavos foi objecto de datação. Determinou-se assim uma data de elevada fiabilidade para a geração da duna de Oitavos, indicando que esta se terá formado no intervalo 33-30 ka BP, provavelmente durante o interestadial que precede a fase final do OIS 3.

Key-words: Aeolianites, Radiocarbon dating, Reliability of dates, *Helix sp.*, OIS 3.

Abstract: Several cemented sand-dunes (aeolianites) of late Quaternary age are known along the western Portuguese coast. These aeolianites are located at various topographic positions in narrow coastal strips. The sand-dune of Oitavos is one of these aeolian sand deposits. It is sited near the coast, to the west of Cascais. Several samples of *Helix*, not only from the base of the dune of Oitavos, but also from another aeolianite located 16 km to the north, the dune of Magoito, and from a Neolithic context from Encosta de Sant'Ana (Lisbon down town) were radiocarbon dated, in order to test the reliability of using *Helix* samples for dating. In addition, an organic sample extracted from a palaeosol at the base of the dune of Oitavos was also radiocarbon dated. This dating program allowed us to determine a reliable date for the formation of the dune of Oitavos. In this way, it was possible to assert a date of 33-30 ka BP for the genesis of the dune, probably during the interstadial that precedes the final phase of OIS 3.

ENQUADRAMENTO E OBJECTIVOS

Ao longo do litoral ocidental português encontram-se afloramentos dispersos de depósitos eólicos consolidados, atribuídos ao Quaternário, ocupando estreitas faixas em posições topográficas variadas (PEREIRA & CORREIA, 1985a; PEREIRA, 1987a). Estas acumulações eólicas assentam, em inconformidade, sobre formações muito diversas do ponto de vista litológico e estratigráfico, repousando umas vezes directamente sobre o substrato paleozóico, mesozóico ou cenozóico e, outras vezes, sobre depósitos de idade plio-quaternária indiferenciada.

Normalmente não apresentam formas típicas de duna, ou porque essas formas não se desenvolveram, ou porque o edifício dunar está parcialmente desmantelado. Contudo, apresentam feixes de estratificação oblíqua e entrecruzada bem desenvolvidos, característicos de deposição eólica. As laminações internas revelam que estas dunas foram maioritariamente originadas por ventos dominantes do sector N e NW e também WNW (MADEIRA & DIAS, 1982; PEREIRA & CORREIA, 1985a; PEREIRA, 1987a; MONIZ, 1992).

Nas áreas de afloramento destes depósitos eólicos observam-se frequentemente testemunhos de 2 gerações de dunas consolidadas sobrepostas, separadas por um

* Lab. de Radiocarbono, Dep. de Química, Instituto Tecnológico e Nuclear, Estrada Nacional 10, 2685-953 Sacavém, Portugal. amsoares@itm.pt

** Dep. de Geologia, INETI, Alfragide, Portugal.

*** Dep. de Geologia, Fac. Ciências da Univ. de Lisboa, Portugal.

episódio de dismantelamento da duna mais antiga, como em Magoito, Aguda e, possivelmente, também em S. Julião, a N de Sintra (PEREIRA & CORREIA, 1985a; 1985b; PEREIRA, 1987b; MONIZ, 1992; SOARES & SOUSA, 2003; 2004).

Os sedimentos eólicos consolidados, atribuídos ao Quaternário, que ocorrem ao longo do litoral ocidental português apresentam frequentemente uma deformação frágil, possivelmente de origem tectónica, que se traduz por uma fracturação bem visível, constituída, no geral, por descontinuidades mais ou menos irregulares, sem movimentação macroscópica paralela às suas superfícies (do tipo geralmente referido como diaclase). A reduzida idade dos depósitos afectados por esta deformação torna-os excelentes marcadores para, a partir da interpretação dinâmica da fracturação que apresentam, se inferir o campo da tensão tectónica recente actuante no litoral ocidental português. Para caracterizar este campo da tensão tectónica recente, procedeu-se ao estudo da fracturação nas dunas consolidadas de Oitavos e da Praia da Aguda, tendo-se realizado a sua cartografia detalhada nas escalas 1:1000, na duna de Oitavos, e 1:2000, na duna da Praia da Aguda (Moniz, 1992; Moniz *et al.*, 1993). A fim de constatar a idade desta fracturação, e do campo da tensão que a terá gerado, procurou datar-se os eolianitos afectados por ela. Foi nesta perspectiva que se efectuou, em 1989, a datação de um depósito detritico, subjacente à duna de Oitavos, pelo método do radiocarbono, tendo-se publicado apenas o valor obtido, sem qualquer descrição da metodologia usada (Moniz, 1992).

O retomar recente da problemática da datação da formação dunar de Oitavos por diversos autores (PRUDÊNCIO *et al.*, 2006), levou-nos a elaborar o presente trabalho cujo objectivo consiste em divulgar e justificar a metodologia utilizada na datação absoluta daquela duna, detalhando e discutindo os resultados então obtidos, comparando-os com datações, pelo mesmo método, de amostras provenientes de outros locais.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DA DUNA DE OITAVOS

A duna de Oitavos corresponde à acumulação eólica consolidada situada mais para o interior na região da Estremadura, localizando-se a ocidente de Cascais (Fig. 1). Destaca-se acima de uma morfologia suave talhada em rochas carbonatadas do Cretácico Inferior, dolomitizadas e parcialmente carsificadas, pertencentes à Formação de

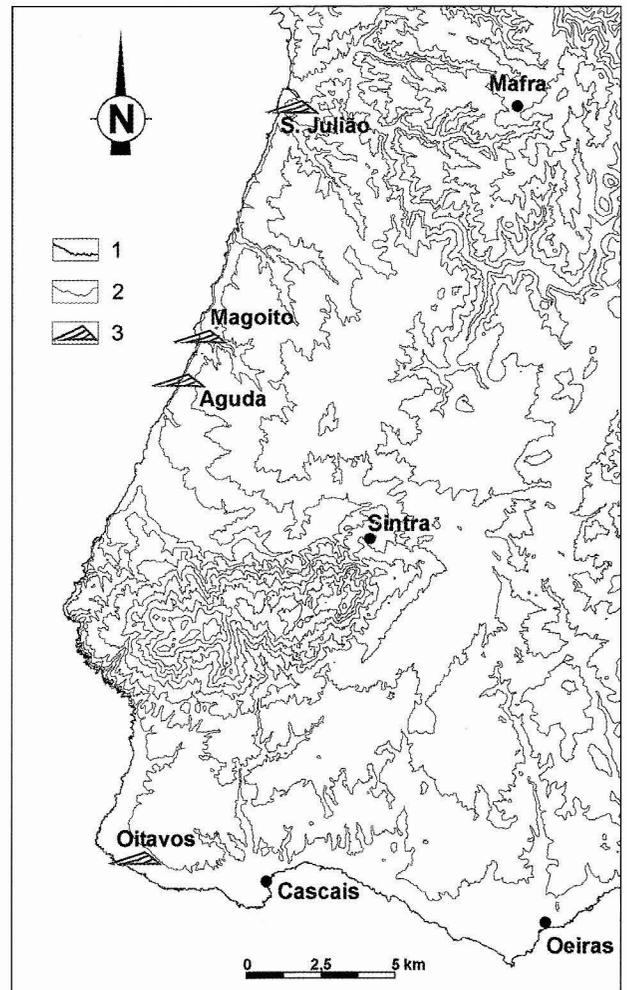


Fig. 1 – Localização geográfica das dunas consolidadas referidas no texto.

1 – linha de costa; 2 – curvas de nível, dos 50 m aos 500 m, equidistância de 50 m; 3 – duna consolidada.

– Geographical location of the consolidated dunes referenced in the text.

1 – coast line; 2 – contour lines, from 50 m to 500 m, 50 m equidistance; 3 – consolidated dune.

Cabo Raso, do Hauteriviano (REY, 1992), ou às formações de Cabo Raso e Guincho indiferenciadas (REY, *in* RAMALHO *et al.*, 2001), do Hauteriviano a Barremiano Inferior, cujas camadas estão ligeiramente inclinadas para S. Em detalhe, aquela morfologia é caracterizada pela transição entre dois elementos: uma rampa, pouco inclinada para WSW (sobre a qual se apoia a parte Norte da duna), que limita internamente (a ENE) uma plataforma de abrasão marinha embutida a um nível inferior (sobre a qual assenta a parte Sul da duna)

(MONIZ, 1992). A base da rampa que, segundo esta interpretação morfológica, define uma paleo-linha de costa, varia de altitude, diminuindo de 30 m a E da Praia do Guincho e do Cabo Raso para 15 m a SE, na Ponta da Alpendurada, o que sugere uma deformação regional posterior a essa linha de costa, com balançamento para sudeste.

Os sedimentos dunares de Oitavos e outros depósitos detriticos subjacentes, descritos abaixo, formam uma elevação alongada na direcção NNW-SSE, situada a cerca de 250 m da linha de costa, com cerca de 500 m de extensão e uma largura máxima de 140 m (Fig. 2). Assentam sobre o substrato cretácico a cotas compreendidas entre cerca de 20 m, na parte sul, e 45 m, na extremidade norte, com um comando máximo de cerca de 27 m acima da superfície em que repousam. A formação dunar de Oitavos apresenta-se parcialmente desmantelada, constituída por lâminas de arenitos (Fig. 3) de granulometria variada, por vezes muito grosseiros, essencialmente quártzicos e contendo, frequentemente, abundantes fragmentos de conchas. Estes sedimentos eólicos estão, no geral, bem consolidados por um cimento carbonatado, apresentando, por vezes, alguma carsificação. A laminação interna apresenta geralmente uma geometria planar bastante uniforme, de orientação NE-SW e inclinando cerca de 30° para SE (Fig. 4) (MONIZ, 1992). Como se salientou, toda a formação dunar está afectada por uma deformação frágil, que consiste, à escala mesoscópica, numa fracturação densa, do tipo diaclase (MONIZ, 1992).

Como se referiu, verifica-se que, nalguns locais, os sedimentos dunares não assentam directamente sobre as rochas cretácicas, ocorrendo um conjunto de sedimentos intercalados (Fig. 3 e Fig. 5), essencialmente arenosos, com conchas de helicídeos e matéria orgânica disseminada. Assim, entre a formação dunar e o substrato cretácico, afloram, na parte sudeste da duna (Fig. 2), à altitude aproximada de 30 m, depósitos arenosos, onde se distinguem duas unidades que apresentam as seguintes características mesoscópicas, do topo para a base:

- níveis arenosos de cor clara, pouco consolidados, constituídos maioritariamente por grãos de quartzo de superfície baça, heterométricos, de granulometria por vezes de areia muito fina a silte, contendo alguma fracção argilosa e de matéria orgânica, com abundantes conchas de helicídeos frequentemente partidas; estão intercalados com outros níveis mais grosseiros, apresentando uma espessura total de cerca de 1,80 m; no topo (nos cerca de 30 cm superiores) observam-se passagens laterais de arenitos muito finos a sedimentos areno-argilosos de cor mais escura e de granulometria mais grosseira, apresentando uma estratificação interna incipiente inclinando cerca de 5° a 10° para WSW;

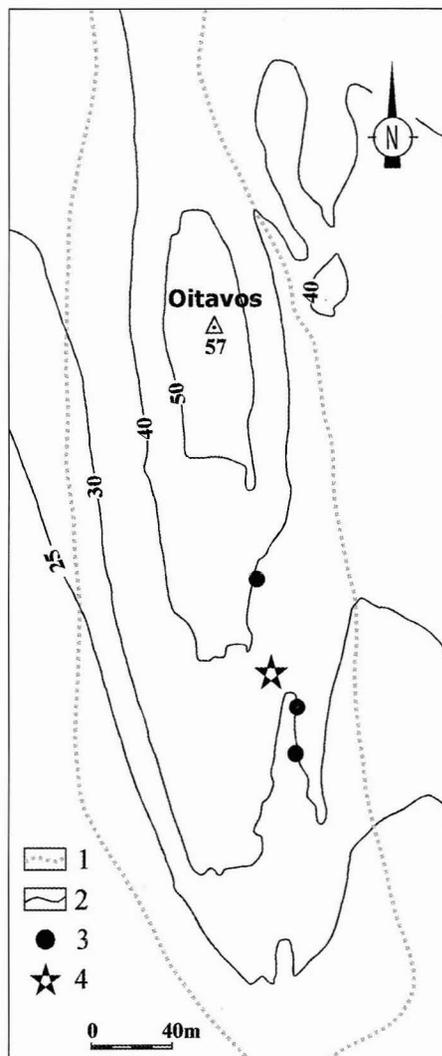


Fig. 2 – Duna consolidada de Oitavos.

1 – limite geológico da duna consolidada; 2 – curvas de nível, com a cota correspondente em metros; 3 – estações de observação dos níveis arenosos subjacentes à duna; 4 – local de recolha dos materiais submetidos a datação pelo método de radiocarbono.

– Consolidated dune of Oitavos.

1 – geological limit of the consolidated dune; 2 – contour lines, with height in meters; 3 – sites of observation of the sandy layers underlying the dune; 4 – site where the samples for radiocarbon dating were collected.

- níveis arenosos de granularidade em geral média a fina, intercalados com outros mais finos, não consolidados, sem laminação interna, com uma espessura mínima de 1,30 m. São constituídos maioritariamente por grãos de quartzo de superfície baça, contendo abundantes conchas inteiras e partidas do género *Helix sp.*; assentam provavelmente sobre as formações do cretácico inferior, que não são observáveis localmente.

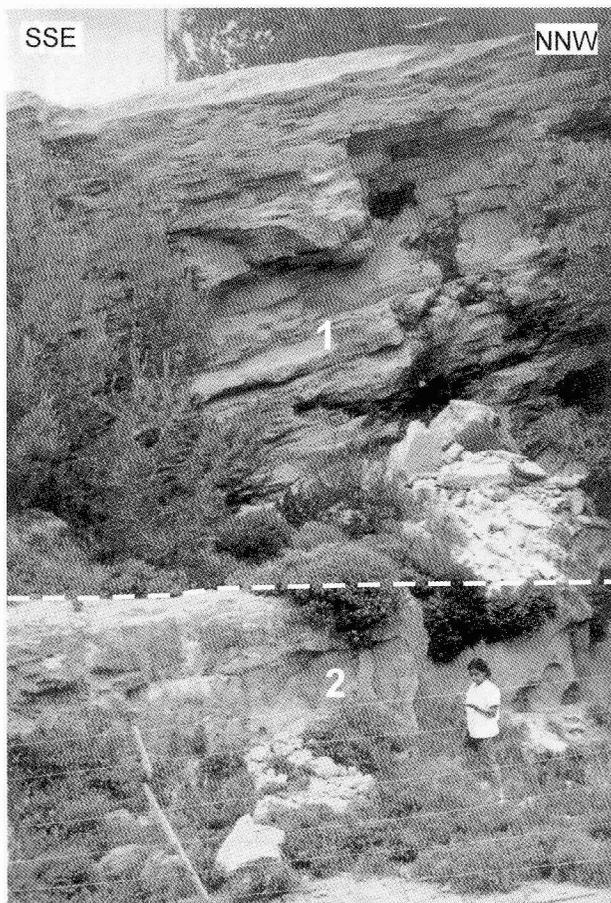


Fig. 3 – Aspecto da duna consolidada de Oitavos, com laminação oblíqua, assentando sobre os sedimentos arenosos amostrados para datação.

1 – duna consolidada; 2 – níveis arenosos subjacentes à duna.

– View of the consolidated dune of Oitavos showing the internal lamination of the aeolianite, overlaying the sandy sediments that were sampled for age-dating.

1 – consolidated dune; 2 – sandy layers underlying the dune.

ATRIBUIÇÃO DE IDADE À DUNA DE OITAVOS

Por analogia com outras dunas

Como se referiu, subjacente a vários dos depósitos eólicos existentes no litoral em causa há testemunhos de uma outra geração de dunas mais antiga e de outros níveis arenosos de origem incerta (eólica?).

Na zona da Praia da Aguda (a norte da serra de Sintra), identificam-se os dois episódios eólicos, testemunhados pela presença de duas formações dunares consolidadas sobrepostas, separadas por uma brecha bem consolidada, constituída por litoclastos, por vezes de

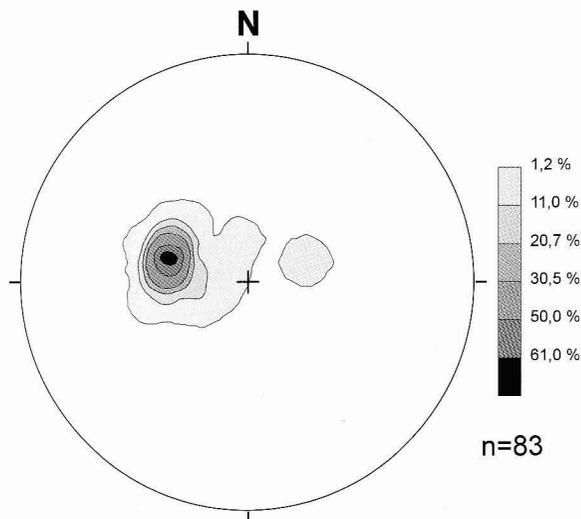


Fig. 4 – Atitude das estratificações, na duna consolidada de Oitavos. Diagrama de densidade dos pólos da estratificação (hemisfério inferior, rede de Schmidt).

– Density contour diagram for the poles to the bedding of the consolidated dune of Oitavos, measured at various outcrops (Schmidt net, lower hemisphere projection).

grandes dimensões, de duna consolidada, provavelmente provenientes do desmantelamento da duna inferior (MONIZ, 1992). Na duna do Magoito (a norte da Praia da Aguda) a formação dunar mais antiga está unicamente testemunhada por fragmentos de duna consolidada em dois dos níveis detríticos subjacentes à formação eólica mais recente (PEREIRA & CORREIA, 1985a; PEREIRA, 1987b). Em Magoito, no seio de um nível arenoso situado no topo do conjunto sedimentar imediatamente subjacente à duna consolidada, encontram-se vestígios de ocupação humana (nível escuro, com lareiras estruturadas, ossos e conchas de moluscos marinhos) cuja datação pelo radiocarbono, sobre carvões, forneceu uma idade holocénica de 9580 ± 100 BP (DAVEAU *et al.*, 1982), a qual foi posteriormente confirmada pela datação de outras amostras (carvões e conchas marinhas) pelo mesmo método (SOARES, 2003).

A aparente analogia sedimentar entre os conjuntos arenosos subjacentes às dunas da Praia da Aguda, Magoito e, talvez, também de S. Julião, bem como a proximidade geográfica entre elas, levou a admitir uma idade holocénica para as três dunas. (PEREIRA & CORREIA, 1985a; PEREIRA, 1987b). De igual modo, a semelhança entre os níveis arenosos não consolidados imediatamente subjacentes às dunas do Magoito e à de Oitavos, poderia conduzir ao pressuposto de estas duas dunas serem contemporâneas e holocénicas.

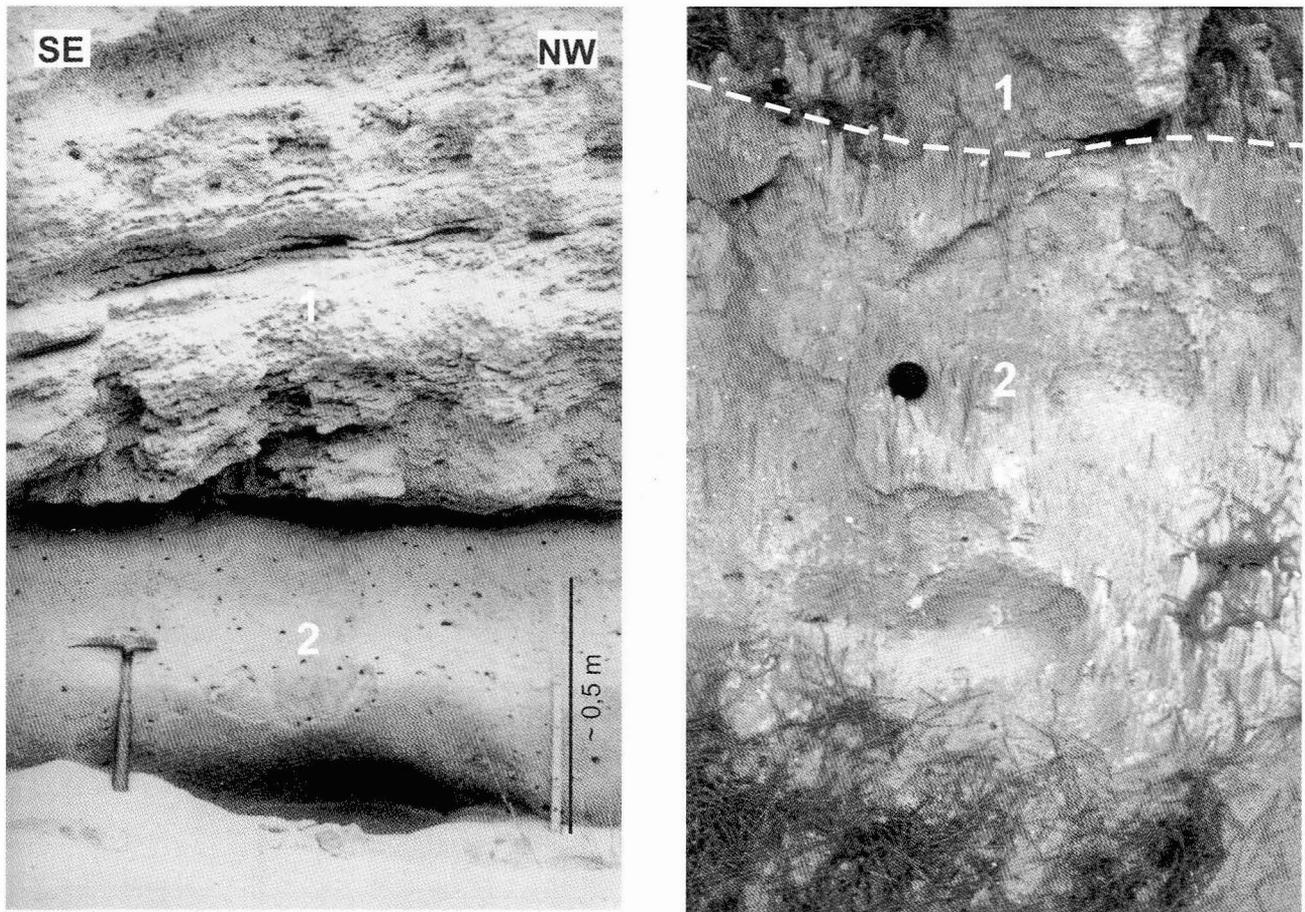


Fig. 5 – Pormenores do nível arenoso com conchas de *Helix*, subjacente à duna consolidada de Oitavos.

1 – duna consolidada; 2 – níveis arenosos subjacentes à duna.

– Details of the sandy layer containing *Helix* shells, located underneath the consolidated dune of Oitavos.

1 – consolidated dune; 2 – sandy layers underlying the dune.

Por datação absoluta, fazendo uso de métodos físico-químicos

A duna consolidada de Oitavos não possui quaisquer materiais que permitam, fazendo uso do método de datação pelo radiocarbono, datar directamente, com precisão elevada, a sua formação. Uma determinação directa, com esse grau de precisão, do intervalo de tempo em que se gerou a duna teria de ser realizada fazendo uso de um outro método de datação absoluta – o método da OSL (*Optically Stimulated Luminescence*) – o qual, na altura em que levámos a cabo o estudo deste depósito eólico, não existia no nosso país. No entanto, à duna de Oitavos pode ser atribuída com rigor uma idade máxima, embora com precisão menor, a partir da datação pelo radiocarbono de conchas dos gastrópodes de origem

terrestre (*Helix sp.*) e da matéria orgânica do paleossolo, existentes nos níveis detríticos subjacentes à duna (Fig. 5). Estes materiais, susceptíveis de ser datados pelo radiocarbono, permitem a determinação de um *terminus post quem* para a formação da duna. Contudo, a precisão e a fiabilidade dos resultados obtidos com cada um destes tipos de amostras são relativamente pequenas quando se trata de resultados isolados, não passíveis de ser confirmados por outros. Por isso, decidiu-se tomar a iniciativa de elaborar um programa de datação que permitisse determinar a idade da duna de Oitavos com um máximo de credibilidade. Tendo em vista este objectivo dataram-se, além do paleossolo e das conchas de helicídeos de Oitavos, conchas também de *Helix sp.* provenientes de dois locais da duna consolidada de Magoito, para a qual os *terminii post quem e ante quem*

da sua formação se encontram bem determinados (SOARES, 2003; SOARES & SOUSA, 2003). Posteriormente, dataram-se ainda pelo radiocarbono conchas de *Helix* e conchas de bivalves marinhos, que se encontravam em estreita associação num contexto arqueológico na Encosta de Sant'Ana, da Baixa da cidade de Lisboa. Essa associação estreita torna altamente provável a contemporaneidade entre estas duas amostras, o que permite, por comparação entre as datas dos caracóis e dos bivalves, avaliar a fiabilidade de utilização de amostras daquele género de gastrópode terrestre para a determinação de idades reais de contextos a que estejam associadas.

A datação pelo radiocarbono de gastrópodes terrestres

Os “caracóis” terrestres são gastrópodes pulmonados que segregam uma concha de carbonato de cálcio, cristalizado sob a forma de aragonite. Vários estudos têm demonstrado a influência do CO₂ metabólico, derivado da dieta dos moluscos e do CO₂ atmosférico, na composição isotópica da aragonite das suas conchas. Daí que uma dieta baseada na vegetação local, em que predomine uma fotossíntese de tipo C4 ($\delta^{13}\text{C} = -10\text{‰}$ a -14‰), originará composições isotópicas em ¹³C mais enriquecidas do que as baseadas em processos fotossintéticos C3 ($\delta^{13}\text{C} = -25\text{‰}$). Assim, têm sido observados valores de $\delta^{13}\text{C}$ da aragonite das conchas compreendidos entre $-13,2\text{‰}$ e $0,0\text{‰}$ (BALAKRISHNAN *et al.*, 2005) ou entre -12‰ e 2‰ (STOTT, 2002) ou, ainda, entre $-11,9\text{‰}$ e $0,5\text{‰}$ (BALAKRISHNAN & YAPP, 2004), correspondendo os valores mais elevados a conchas de moluscos cuja dieta se baseou em plantas C4.

O carbonato do solo é também uma fonte potencial para o carbonato de cálcio constituinte das conchas dos gastrópodes terrestres. Segundo GOODFRIEND & HOOD (1983) a contribuição desse carbonato do solo (ou das rochas calcárias) para o carbonato das conchas pode atingir os 33 %, enquanto que 25 % a 40 % poderá ser derivado da dieta de plantas e 30 % a 60 % do CO₂ atmosférico. A incorporação do carbonato dos solos e/ou das rochas calcárias poderá realizar-se por ingestão de partículas com essa composição química arrancadas pela rádula do gastrópode ou por dissolução e subsequente absorção através do pé, o qual produz secreções ácidas (GOODFRIEND, 1987).

Uma vez que estes carbonatos são altamente empobrecidos em ¹⁴C, podendo mesmo este isótopo

encontrar-se praticamente ausente, como acontece no caso das rochas calcárias, as datas de radiocarbono obtidas a partir de conchas de caracóis terrestres apresentam normalmente uma anomalia que se traduz por um “envelhecimento” das idades desses gastrópodes. Esse “envelhecimento” pode estar compreendido entre 500 e 2800 anos (GOODFRIEND, 1987; YATES, 1986). O valor dessa anomalia pode ser estimado datando, por exemplo, conchas da mesma espécie, ou de espécies similares ao gastrópode em causa, que viveram em substratos semelhantes e que estejam associadas a (isto é, que sejam contemporâneas de) outras espécies de fauna ou de flora, que também serão datadas, e cujas idades de radiocarbono não apresentem anomalias.

No entanto, o problema da datação pelo radiocarbono das conchas dos gastrópodes terrestres poderá complicar-se, uma vez que processos diagenéticos (pós-deposicionais) podem levar a dissoluções do carbonato de cálcio de que as conchas são constituídas e a uma posterior recristalização nas conchas de um carbonato de cálcio estranho às mesmas e, por conseguinte, de idade diferente destas. A eliminação das camadas externas das conchas a datar (fracção externa) por reacção controlada com um ácido, a datação de duas fracções (fracção intermédia e fracção interna) da amostra e a determinação da composição isotópica das fracções datadas, são ferramentas que permitem ajuizar da fiabilidade das datas de radiocarbono obtidas.

Datação pelo radiocarbono de paleossolos

A datação por ¹⁴C de paleossolos fazendo uso da matéria orgânica que contém coloca, normalmente, problemas delicados de interpretação das datas obtidas, devido à complexidade dos fenómenos dinâmicos do carbono no solo. Segundo SWIFT (1996), citado por HEAD & ZHOU (2000), “*soil organic matter is, and will remain, a complex mixture of organic compounds in a wide variety of physico-chemical environments and subject to a wide range of associations with minerals, metal cations and anthropogenic organic compounds*”. A matéria orgânica dos paleossolos tem, pois, uma origem e uma história complexas, além de que a relação entre o carbono objecto de datação e o dióxido de carbono atmosférico da altura em que o solo estava em actividade é, por vezes, difícil de estabelecer. Acrescem, ainda, os riscos de contaminação da matéria orgânica dos solos, mesmo após estes estarem enterrados. A eventual permeabilidade dos sedimentos que os cobrem e a mobilidade dos ácidos

húmicos são os factores usuais que originam essa contaminação. Por isso, cada caso deve ser cuidadosamente examinado a fim de definir o grau de confiança que será possível atribuir às idades de ^{14}C determinadas (DELIBRIAS, 1979).

A matéria orgânica dos solos pode ser dividida em dois componentes maioritários: substâncias orgânicas de natureza individual (ligninas, gorduras, carboidratos, proteínas, resinas e derivados de todas elas) e substâncias húmicas (HEAD & ZHOU, 2000). Por outro lado, o teor em ^{14}C pode variar de substância para substância, dependendo da altura em que a mesma se incorporou no solo. No mesmo solo, segundo CHERKINSKIY (1982), os ácidos húmicos têm geralmente uma idade mais antiga que os ácidos fúlvicos, os componentes hidrolisáveis das moléculas orgânicas originam datas mais recentes que o resíduo não hidrolisável e as fracções de elevado peso molecular dos ácidos húmicos apresentam idades mais recentes que as fracções de baixo peso molecular. Segundo outros investigadores, a fracção húmica origina datas mais antigas que a fracção ácido húmico, em solos ácidos; em solos básicos, acontece o contrário (HEAD & ZHOU, 2000). Por outro lado, a idade obtida para um paleossolo deverá ser entendida, designadamente se o paleossolo puder ser considerado um sistema fechado desde que se formou, como uma idade “média” para a formação desse solo (ORLOVA & PANYCHEV, 1993). Se o tempo médio de residência do ^{14}C da matéria orgânica contida no solo enquanto este esteve activo (por outras palavras, o intervalo de tempo correspondente à formação do paleossolo) for pequeno (poucas centenas de anos) quando comparado com a idade determinada para o paleossolo (vários milhares de anos – 20 000 ou 30 000 anos, p. ex.), então essa idade pode ser considerada, com boa probabilidade e aproximação, como a idade absoluta a atribuir à formação do paleossolo em causa.

Existem diversos métodos, alguns deles bastante complexos, tendo por objectivo isolar para datação pelo ^{14}C componentes específicos da matéria orgânica contida nos paleossolos (ver, p. ex., CAMPBELL *et al.*, 1967; HAYES *et al.*, 1975). No entanto, uma metodologia muito usual, embora possa apresentar diversas variantes consoante o que resulte de uma observação preliminar do paleossolo (integra-se numa formação ácida ou básica, sistema fechado ou aberto, espessura do paleossolo, teor em matéria orgânica, etc.), é a de eliminar os carbonatos e os ácidos fúlvicos e extrair com soluções básicas, eventualmente tamponizadas, os ácidos húmicos que serão, posteriormente, precipitados com uma solução ácida. Os ácidos húmicos assim obtidos e o resíduo final

da amostra após o tratamento químico a que foi sujeita são, normalmente, objecto de datação pelo ^{14}C , escolhendo-se como data mais fiável a mais antiga, caso sejam estatisticamente diferenciáveis (HAYES *et al.*, 1975; CAMPBELL *et al.*, 1967; PEARSON, 1979; DELIBRIAS, 1979; GILET-BLEIN *et al.*, 1980; HEAD & ZHOU, 2000).

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem

Na duna consolidada de Oitavos a amostragem foi efectuada nos níveis arenosos imediatamente subjacentes à duna (Fig. 3 e Fig. 5). Como se referiu, nestes níveis arenosos não consolidados, contendo fragmentos de conchas e conchas inteiras e bem conservadas de gastrópodes terrestres (*Helix sp.*), identificou-se um horizonte irregular com matéria orgânica que lhe confere uma coloração castanho escura. Deste horizonte, interpretado como um paleossolo, após uma limpeza da superfície do afloramento, foi retirada com colherins metálicos uma amostra, com cerca de 4 kg, para sacos de polietileno limpos. Por sua vez, as conchas de caracóis terrestres foram colhidas à mão para sacos de polietileno, tendo havido o cuidado de recolher apenas conchas inteiras e com o aspecto de se encontrarem bem conservadas. Foi, assim, recolhida uma amostra com cerca de 120 g de conchas não limpas.

Na duna consolidada de Magoito foi recolhida uma amostra de conchas de *Helix* (cerca de 110 g) de um local (Magoito 1A) acessível pela rampa que passa junto ao actual restaurante (e se dirige para a praia) e situado a uma dezena de metros deste. As conchas encontravam-se relativamente concentradas numa zona restrita das areias consolidadas a poucos centímetros da base da duna. De um outro local próximo (Magoito 1B), mas a um nível superior, estratigraficamente mais recente que o anterior, foi recolhida uma outra amostra de conchas de caracóis terrestres (cerca de 50 g). Esta amostragem realizada na duna de Magoito encontra-se referida em SOARES (2003).

No sítio arqueológico da Encosta de Sant’Ana, no Martim Moniz, em Lisboa, foi também colhida uma amostra de caracóis terrestres (*Helix sp.*), com cerca de 100 g. Estes caracóis encontravam-se misturados com conchas de *Mytilus sp.* (correspondentes a resíduos alimentares), também amostradas, numa zona restrita e bem delimitada (amostras ESA 04 E VIII 6/7, Tabela 1) de uma das ocupações humanas datáveis do Neolítico. Os dados da escavação apontam claramente para uma contemporaneidade entre os moluscos terrestres e marinhos.

Parte Experimental

As amostras de conchas de caracóis terrestres foram, em primeiro lugar, limpas manualmente das concreções e grãos de areia aderentes. Para isso utilizou-se um bisturi, tendo-se também quebrado o vértice e a primeira volta das conchas para uma maior facilidade da limpeza, quer mecânica, quer química, do seu interior. Foram, em seguida, lavadas com água destilada em banho de ultra-sons, secas numa estufa a 100 °C e pesadas. Posteriormente, foram feitas reagir com ácido clorídrico (HCl 0,5M a 25 °C), de modo a eliminar entre 1/3 a 1/2 do seu peso, isto é, a fracção externa das conchas, a mais susceptível de estar contaminada por eventuais dissoluções e recristalizações que as conchas terão sofrido enquanto estiveram enterradas. No caso das amostras de Oitavos e de Magoito 1A, após este pré-tratamento, dispunha-se de 58,09 g e 56,73 g, respectivamente, o que permitiu separar por hidrólise ácida controlada, na linha de síntese do benzeno, volumes aproximadamente iguais de CO₂, representativos da fracção intermédia e da fracção interna das conchas que foram datadas.

A amostra de paleossolo, com um teor muito baixo em carbono orgânico (C_{total} ~ 3,2 %; N ~ 0,15 %), foi dividida em quatro lotes, de cerca de 1 kg cada, e feita reagir com ácido clorídrico (HCl a 10 %) até não se observar qualquer efervescência. Em seguida, lavou-se com água destilada a ferver e filtrou-se em Buchner com papel de filtro de fibra de vidro. Repetiram-se as lavagens até pH neutro. A maior parte da matéria orgânica (ácidos húmicos) foi, então, extraída com uma solução de NaOH a 1 %, a 100 °C, durante 24 horas e, após filtragem, precipitada com HCl a 5 %. O precipitado foi separado da solução por centrifugação e seco numa estufa a 100 °C, obtendo-se 14,06 g. O resíduo da extração foi, por sua vez, separado em duas fracções fazendo-o passar por um crivo de 250 µm. As partículas com uma granulometria superior à malha do crivo, essencialmente grãos de areia, depois de lavadas com água destilada, foram secas em estufa a 100 °C e pesadas – ca. 2,85 kg. Repetiu-se o mesmo tratamento para a fracção < 250 µm, tendo-se obtido um peso total de 160 g. Quer nesta fracção, quer no precipitado, foi determinado o teor em C, tendo-se obtido os valores de 0,5 % (C_{total}) e 18,5 % (C_{orgânico}), respectivamente. Assim, apenas o precipitado de ácidos húmicos foi utilizado para datação (no laboratório de radiocarbono do ITN (Instituto Tecnológico e Nuclear), a quantidade mínima de C passível de ser datada é de 1 g).

O teor em radiocarbono das amostras foi determinado fazendo uso da técnica de cintilação líquida, tal como descrito em SOARES (1989). Os valores de δ¹³C das amostras datadas foi determinado no CO₂ produzido na

fase inicial da síntese do benzeno. As idades convencionais de ¹⁴C foram calculadas de acordo com as definições recomendadas por STUIVER & POLACH (1977).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 apresentam-se os resultados obtidos no âmbito deste trabalho, bem como outros que nos ajudarão a definir uma data rigorosa, embora não muito precisa, para a duna consolidada de Oitavos.

Para a duna consolidada de Magoito, a partir de toda a informação disponível foi determinado um *terminus post quem* de ca. de 9500 BP – idade obtida para o concheiro epipaleolítico subjacente à duna – e um *terminus ante quem* de ca. de 5600 BP, tendo em conta que foi essa a idade obtida para o concheiro neolítico primitivamente implantado sobre a duna (SOARES, 2003). No entanto, deverá notar-se que o contexto arqueológico epipaleolítico que se encontra na sua base terá sido constituído durante um intervalo de tempo relativamente curto, uma vez que as amostras datadas provêm de três locais distintos e as datas obtidas são estatisticamente não diferenciáveis (SOARES, 2003). A duna, por sua vez, segundo DAVEAU *et al.* (1982), ter-se-á formado ainda durante o Pré-Boreal, entre aquele *terminus post quem* e 9000 BP ou, então, entre 8700 e 7500 BP, durante uma fase fria do Boreal. É de notar que estes investigadores se parecem inclinar mais para a primeira hipótese, uma vez que escrevem: “*Il est intéressant de remarquer aussi que le premier profil pollinique daté, réalisé au Portugal par le Professeur C. R. JANSSEN (1982), montre que le plateau sommital de la Serra da Estrela était couvert, vers 9 200 BP, d’une steppe ou forêt claire à Pinus sylvestris qui était déjà remplacée, vers 9 080 BP, par une forêt de chênes. Ce fait serait plutôt en faveur de l’existence, peu après 9 580 BP, d’une phase climatique fraîche et peut-être sèche. Elle aurait, dans ce cas, rapidement succédé, dès le Préboréal, à la période d’occupation humaine du site de Magoito*” (*op. cit.*, p. 134). Seja qual for o intervalo de tempo correspondente à sua formação, os ventos dos quadrantes Norte e Noroeste que lhe deram origem, cuja existência é atestada pela inclinação da laminação sedimentar das areias dunares (PEREIRA & CORREIA, 1985a), deveriam apresentar uma intensidade elevada, capaz de mobilizar grandes massas de areia que se encontravam a norte de Magoito, transportá-las e levá-las a cobrir a vertente norte do vale do Rio da Mata, acumulando-as com uma espessura que pode atingir os 20 m e com uma extensão de mais de 200 m, desde a praia até ao interior do vale (PEREIRA, 1983).

TABELA 1

Datas convencionais de radiocarbono para as dunas consolidadas de Oitavos e Magoito e para um contexto arqueológico da Encosta de Sant'Ana (ESA, Lisboa)

Conventional radiocarbon dates for the consolidated dunes of Oitavos and Magoito and an archaeological site at Encosta de Sant'Ana (ESA, Lisbon)

Ref. Lab.	Ref. Amostra	Tipo de Amostra	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Data Convencional (BP)
ICEN-460 ^a	Oitavos	Paleossolo (extracto NaOH)	-26,92	+1700 31700 -1400
ICEN-373 ^a	Oitavos H1	<i>Helix sp.</i> (f. intermédia)	-4,18	+1810 34240 -1460
ICEN-374 ^a	Oitavos H2	<i>Helix sp.</i> (f. interna)	-1,68	+3530 39090 -2450
GrN-11229 ^b	Magoito	Madeira carbonizada	---	9580±100
ICEN-52 ^c	Magoito 1	Madeira carbonizada	-24,56	9490±60
ICEN-80 ^c	Magoito 1 M	<i>Mytilus sp.</i>	2,34	9590±80 ^e
ICEN-81 ^c	Magoito 1 P	<i>Patella spp.</i>	2,75	9410±120 ^e
ICEN-82 ^c	Magoito 1 C	<i>Cerastoderma edule</i>	1,33	9530±100 ^e
ICEN-577 ^c	Magoito 1 MM	<i>Mytilus sp.</i>	0,54	9500±90 ^e
ICEN-429 ^a	Magoito 1A – H1	<i>Helix sp.</i> (f. intermédia)	-6,38	10270±110
ICEN-430 ^a	Magoito 1A – H2	<i>Helix sp.</i> (f. interna)	-7,19	10120±100
ICEN-431 ^a	Magoito 1B – H	<i>Helix sp.</i>	-4,90	10510±110
ICEN-425 ^c	Magoito 2 P2	<i>Patella spp.</i>	3,71	5650±90 ^e
ICEN-471 ^c	Magoito 2 T	<i>Thais haemastoma</i>	4,05	5590±120 ^e
Sac-2076 ^d	ESA 04 E VIII 6/7 M	<i>Mytilus sp.</i>	0,54	5970±50 ^e
Sac-2077 ^d	ESA 04 E VIII 6/7 H	<i>Helix sp.</i>	-10,42	7520±50

^a Determinada para este trabalho.

^b Publicada por DAVEAU *et al.* (1982).

^c Publicada em SOARES (2003) e SOARES & SOUSA (2003).

^d Inédita.

^e Data corrigida para o efeito de reservatório oceânico: $R(t) = 380 \pm 30 \text{ anos }^{14}\text{C}$ (SOARES, 1993).

A partir dos dados obtidos num estudo efectuado sobre a variabilidade do efeito de reservatório oceânico nas águas costeiras de Portugal Continental ao longo do Holocénico (SOARES, 2005; SOARES & DIAS, 2006), poderá, também, inferir-se que a formação da duna de Magoito terá ocorrido ainda durante o Pré-Boreal. Nesse estudo, verificou-se que, ao contexto mais antigo datado (9490±60 BP – 10560-11090 cal BP), precisamente o do concheiro epipaleolítico da base da duna de Magoito,

corresponde um valor de $160 \pm 60 \text{ anos }^{14}\text{C}$ para o parâmetro ΔR (efeito de reservatório marinho regional), o qual sugere a existência de uma situação de *upwelling* costeiro menos intenso que o actual ($\Delta R = 250 \pm 25 \text{ anos }^{14}\text{C}$). Essa situação já ocorreria, provavelmente, desde algumas centenas de anos atrás, quando se terá dado uma reorganização climática e da circulação oceânica do Atlântico Norte, após o evento 8 de Bond, datado de 11100 cal BP (BOND *et al.*, 1997).

A seguir à formação do concheiro epipaleolítico de Magoito, o início da acumulação das areias da duna poderá ter ocorrido num momento muito próximo do abandono do concheiro, resultante de uma intensificação dos ventos do quadrante norte. Esta acumulação deverá ter durado até ao final do Pré-Boreal, que terá, por sua vez, correspondência no evento 7 de Bond, datado de 10300 cal BP (ca. 9100 BP). A formação da duna não teria, então, ocorrido durante o Boreal, entre 8700 e 7500 BP (9650 e 8300 cal BP), uma das possibilidades sugeridas por DAVEAU *et al.* (1982), ou mesmo posteriormente, durante o Holocénico médio (anteriormente a 5600 BP), quando existiram aparentemente condições propícias à sua formação. Estas inferências resultam do registo estratigráfico observado em Magoito, bem como do valor negativo de ΔR determinado para o concheiro mesolítico de S. Julião I (praia de S. Julião, Mafra), datado do Boreal – ICEN-179, 8120 ± 100 BP (SOARES & DIAS, 2006). Esse valor de ΔR (-70 ± 40 anos ^{14}C) é indicativo da ausência de *upwelling* costeiro e, por conseguinte, da predominância de ventos de outros quadrantes que não do quadrante norte.

O concheiro epipaleolítico de Magoito assenta sobre um estrato de areias vermelhas com alguns calhaus rolados, o qual cobre directamente o substrato calcário do Albiano ao Cenomaniano médio (ALMEIDA *et al.*, 1991), e é sobreposto por um nível, com cerca de 40 cm de espessura, de areias soltas esbranquiçadas, não consolidadas, macroscopicamente idênticas às da duna consolidada que, por sua vez, cobre esta camada. Quer as areias da duna consolidada, quer as do nível de areia subjacente à duna, contêm conchas de *Helix* (SOARES, 2003), o que sugere a existência de vegetação na duna durante a sua formação e condições climáticas, pelo menos semelhantes, ao longo de todo o intervalo de tempo em que se deu a acumulação das areias. A situação de *upwelling* existente, aquando da formação do concheiro, resultaria, com certeza, de ventos do quadrante norte, mas não suficientemente fortes para conseguirem mobilizar, em grande escala, as acumulações de areia situadas a barlavento.

Ao Boreal corresponde um clima frio, o que sugere uma atenuação da intensidade do *upwelling*, podendo chegar mesmo ao seu desaparecimento (ΔR negativo), o que terá acontecido durante a ocupação humana de S. Julião I, como já atrás foi referido. Essa atenuação da intensidade do *upwelling*, a *wind-driven process*, corresponderá necessariamente a uma atenuação dos ventos do quadrante norte, o que torna muito improvável que nesse intervalo de tempo se tenha dado a génese da duna de

Magoito. Como se explanará seguidamente, as datações obtidas com os gastrópodes terrestres colhidos na duna de Magoito confirmam que a duna se terá gerado durante o Pré-Boreal.

Para se interpretarem as datas de radiocarbono obtidas a partir das conchas de caracóis colhidas na duna de Magoito deverá ter-se em conta que, como foi anteriormente afirmado, os caracóis do local 1B de Magoito se sobrepõem estratigraficamente aos do local 1A (Magoito 1A). Verifica-se, por um lado (ver Tabela 1), que as datas obtidas para os caracóis são mais antigas que as obtidas para o concheiro da base da duna e, por outro lado, que a data dos caracóis do local 1B é mais antiga do que as do local 1A, ao contrário do que seria de esperar da disposição relativa das amostras nos sedimentos. Como já foi referido, diversos estudos têm quantificado a anomalia usual, associada às datas de radiocarbono obtidas a partir destes gastrópodes terrestres, entre 500 e 2800 anos. A anomalia observada nas datas dos caracóis do local 1A, entre 600 a 1000 anos (relativamente às datas obtidas em madeira carbonizada do concheiro, Tabela 1) é compatível com esses valores e com a inferência, atrás expressa, de que a acumulação das areias da duna de Magoito se teria realizado “imediatamente” a seguir ao abandono do concheiro epipaleolítico. Também os valores obtidos para o $\delta^{13}C$ são compatíveis com uma dieta à base de plantas C3. Situação semelhante é a verificada com as amostras da Encosta de Sant’Ana – um valor de $\delta^{13}C$ dos caracóis compatível com uma dieta de plantas C3 e um valor estimado de ca. de 1500 anos para a anomalia de idade desses mesmos gastrópodes. Para a amostra Magoito 1B-H, os valores de ICEN-431 e do respectivo $\delta^{13}C$ (o qual poderia sugerir uma dieta à base de plantas C4, o que não é aceitável, quer pela situação geográfica, quer por comparação com os valores determinados para o $\delta^{13}C$ das outras amostras da mesma espécie) apontam para a existência de uma contaminação da amostra, contaminação essa por carbonatos mais antigos que a amostra datada e proveniente, certamente, dos grãos de areia carbonatados e do cimento, também carbonatado, constituintes da duna. Se tivermos em conta que os carbonatos das formações calcárias são mais enriquecidos em ^{13}C do que o carbonato das conchas dos gastrópodes, que o cimento que consolida as areias da duna é um carbonato remobilizado e que, muito provavelmente, terá uma idade mais antiga que a própria duna, tal com acontece em outras formações semelhantes descritas na literatura (veja-se, p. ex., MCKEE & WARD, 1983), então os resultados obtidos para o Magoito 1B tornam-se compreensíveis. Provam também que a

formação da duna de Magoito se terá dado durante o Pré-Boreal e não posteriormente.

O mesmo se verifica para Oitavos: as fracções da amostra de conchas de *Helix* dão origem a datas tanto mais antigas quanto mais elevado é o seu teor em ^{13}C . Note-se que, neste caso, essas fracções estão ainda mais enriquecidas em ^{13}C do que as conchas de Magoito 1B, principalmente a fracção interna da amostra de Oitavos. Deverá, também, observar-se que este enriquecimento em ^{13}C , indicativo de uma contaminação severa por carbonatos mais antigos que os gastrópodes em causa, não se irá traduzir num erro de vários milhares de anos (o que aconteceria se, para a mesma percentagem de contaminante, este fosse moderno), mas sim de apenas algumas centenas de anos, dado o carácter exponencial da lei do decaimento radioactivo (veja-se, p. ex., WATERBOLK, 1971; SOARES & CABRAL, 1984, Quadro I). Aliás, dados os valores de $\delta^{13}\text{C}$ (ver Tabela 1) para as amostras Magoito 1B-H e Oitavos H1, o erro das respectivas datas, devido à contaminação, deverá ser muito semelhante (poucas centenas de anos). Para Oitavos H2 será maior, podendo, talvez, ultrapassar o milhar de anos, o que é compatível com as datas obtidas para as duas fracções da amostra de conchas de Oitavos (tenha-se em atenção a incerteza estatística associada a estas datas). Assim, dadas as diferenças entre as datas obtidas a partir da amostra (contaminada) de caracóis e a data obtida para o paleossolo, deve considerar-se que esta última representa com elevada fiabilidade um *terminus post quem* para a formação da duna de Oitavos.

O *terminus post quem* assim determinado (31700_{-1400}^{+1700} BP) deverá ser encarado não num sentido lato, mas sim restrito, isto é, a acumulação de areias que originaram a duna consolidada de Oitavos deverá ter ocorrido num intervalo de tempo muito próximo dessa data. A observação da base da duna de Oitavos, da superfície que a limita inferiormente e dos níveis subjacentes à duna donde foram retiradas as amostras sujeitas a datação pelo radiocarbono, tornam pouco credível a hipótese de que terá existido uma outra formação sedimentar a cobrir o paleossolo, a qual terá desaparecido por um qualquer mecanismo que se ignora, e que só mais tarde, passados alguns milhares de anos, se terão depositado as areias dunares. A situação, pelo contrário, deverá ser muito similar à ocorrida em Magoito, embora separada desta por um intervalo de tempo da ordem dos 20000 anos – a acumulação das areias da duna de Oitavos terminou com a actividade, em sistema aberto, do solo que lhe estava subjacente, transformando-o num sistema fechado. Consequentemente, o início da formação da

duna de Oitavos terá ocorrido num qualquer momento entre cerca de 33000 e 30000 BP. A ser assim, a sua formação ter-se-á dado durante o Estádio Isotópico 3 (OIS 3), já próximo da sua fase final. O OIS 3 abrange o intervalo de tempo entre *ca.* 60 e 25 ka BP (VAN ANDEL & TZEDAKIS, 1996; ROUCOUX *et al.*, 2001; VAN HUISSTEDEN & POLLARD, 2003), sendo caracterizado, segundo COOPE (2002) e HUNTLEY *et al.* (2003), por vários eventos de Heinrich e ciclos de Dansgaard-Oeschger, isto é, por diversas flutuações climáticas substanciais numa escala milenária e que se reflectem numa série de alterações entre condições estadiais (de “frio”) e interestadiais (de “calor”). Os modelos que procuram descrever as condições climáticas e ambientais prevaletentes durante o OIS 3 na área do Atlântico Norte apresentam, como característica comum, uma intensificação do anticiclone subtropical e, por conseguinte, dos ventos do quadrante Norte – foram ventos deste quadrante que originaram a duna de Oitavos, segundo PEREIRA & CORREIA (1985a) e MONIZ (1992) – durante o verão dos interestadiais (VAN HUISSTEDEN & POLLARD, 2003). Por outro lado, o período final do OIS 3, que se inicia cerca de 30000 BP, apresenta condições de frio intenso, com temperaturas similares às do Último Máximo Glacial (BARRON & POLLARD, 2002). Não nos parece, assim, provável que a duna de Oitavos se tenha formado nesse estadal ou, posteriormente, no OIS 2. O nível do mar, durante o OIS 3, encontrava-se a cerca de –50 m (VAN ANDEL & TZEDAKIS, 1996). Há cerca de 32000 BP ocorreu um período de aquecimento climático (*Grand Bois warm event*, VAN ANDEL & TZEDAKIS, 1996) e, por conseguinte, no intervalo por nós proposto (33-30 ka BP) existiam condições climáticas e ambientais para a formação da duna de Oitavos.

CONCLUSÕES

Embora a duna consolidada de Oitavos não contenha em si materiais susceptíveis de, através da datação pelo radiocarbono, obter com rigor e fiabilidade uma data para a sua formação, existem, no entanto, na sua base materiais, nomeadamente matéria orgânica de um paleossolo e conchas de *Helix*, que permitem, pela utilização daquele método de datação absoluta, a obtenção de um *terminus post quem* para a formação do referido depósito eólico.

Tendo em conta este desiderato, um programa de datação estruturado, não só na utilização das amostras atrás referidas, mas também na datação de outras amostras de *Helix* provenientes da duna consolidada de

Magoito e de um depósito arqueológico neolítico situado na Encosta de Sant'Ana, no Martim Moniz, em Lisboa, tornou possível a interpretação e validação das datas obtidas com as amostras subjacentes à duna de Oitavos.

Assim, foi possível concluir que a duna consolidada de Oitavos terá sido formada durante o Estádio Isotópico 3, num "curto intervalo" compreendido entre 33 000 e 30 000 BP, provavelmente cerca de 32 000 BP, quando ocorreu, na área do Atlântico Norte, um evento climático de aquecimento (*Grand Bois warm event*), isto é, quando surgiram condições interestaduais propícias à formação de acumulações eólicas do tipo da duna de Oitavos.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se ao Dr. Vasco Leitão, responsável pelas escavações arqueológicas levadas a cabo na Encosta de Sant'Ana, a autorização para utilizarmos as datas, ainda inéditas, obtidas a partir de amostras por si recolhidas naquele sítio arqueológico.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. M. (COORD.) (1991) – Folha 34-A Sintra, da Carta Geológica de Portugal, na escala 1:50 000, edit. pelos Serv. Geol. de Portugal, Lisboa.
- BALAKRISHNAN, M. & YAPP, C. J. (2004) – Flux balance models for the oxygen and carbon isotope compositions of land snail shells. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **68**, (9), pp. 2007-2024.
- BALAKRISHNAN, M.; YAPP, C. J.; THELER, J. L.; CARTER, B. J. & WYCKOFF, D. G. (2005) – Environmental significance of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ and $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ratios of modern land-snail shells from the southern great plains of North America. *Quaternary Research*, **63**, pp.15-30.
- BARRON, E. & POLLARD, D. (2002) – High-Resolution Climate Simulations of Oxygen Isotope Stage 3 in Europe. *Quaternary Research*, **58**, pp. 296-309.
- BOND, G.; SHOWERS, W.; CHESEBY, M.; LOTTI, R.; ALMASI, P.; DEMENOCAL, P.; PRIORE, P.; CULLEN, H.; HADJAS, I. & BONANI, G. (1997) – A Pervasive Millennial-Scale Cycle in North Atlantic Holocene and Glacial Climates. *Science*, **278**, pp. 1257-1266.
- CAMPBELL, C. A.; PAUL, E.A.; RENNIE, D. A. & MCCALLUM, K. J. (1967) – Applicability of the carbon-dating method of analysis to soil humus studies. *Soil Science*, **104**, (3), pp. 217-224.
- CHERKINSKIY, A. Y. (1982) – Modern theories on humification and radiocarbon studies on some soil groups. *Soviet Soil Science* (translated from *Doklady Akademii nauk SSSR*, 1981), **258**, (4), 993-996, pp. 83-86.
- COOPE, G.R. (2002) – Changes in the Thermal Climate in Northwestern Europe during Marine Oxygen Isotope Stage 3, Estimated from Fossil Insect assemblages. *Quaternary Research*, **57**, pp. 401-408.
- DAVEAU, S.; PEREIRA, A. R. & ZBYSZEWSKI, G. (1982) – Datation au C^{14} du site archéologique de la plage de Magoito (Portugal), scellé par une dune consolidée. *Clio*, **4**, pp.133-135.
- DELIBRIAS, G. (1979) – Problèmes liés à la datation des sols fossiles par le carbone 14. *Bulletin de l'Association française pour l'Etude du Quaternaire*, **58/59**, pp. 35-42.
- GILET-BLEIN, N.; MARIEN, G. & EVIN, J. (1980) – Unreliability of ^{14}C dates from organic matter of soils. *Radiocarbon*, **22**, (3), pp. 919-929.
- GOODFRIEND, G. A. (1987) – Radiocarbon age anomalies in shell carbonate of land snails from semi-arid areas. *Radiocarbon*, **29**, (2), pp. 150-167.
- GOODFRIEND, G. A. & HOOD, D. G. (1983) – Carbon isotope analysis of land snail shells: implications for carbon sources and radiocarbon dating. *Radiocarbon*, **25**, (3), pp. 810-830.
- HAYES, M.H.B.; SWIFT, R. S.; WARDLE, R. E. & BROWN, J. K. (1975) – Humic materials from an organic soil: a comparison of extracts and of properties of extracts. *Geoderma*, **13**, pp. 231-245.
- HEAD, M. J. & ZHOU, W. J. (2000) – Evaluation of NaOH leaching techniques to extract humic acids from paleosols. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, **172**, pp. 434-439.
- HUNTLEY, B.; ALFANO, M. J.; ALLE, J.R.M.; POLLARD, D.; TZEDAKIS, P. C.; BEAULIEU, J. L.; GRÜGER, E. & WATTS, B. (2003) – European vegetation during Marine Oxygen Isotope Stage-3. *Quaternary Research*, **59**, pp. 195-212.
- JANSSEN, C. R. & WOLDRINGH, R. E. (1981) – A preliminary radiocarbon dated sequence from the Serra da Estrela, Portugal. *Finisterra*, **14**, (32), pp. 299-309.
- MADEIRA, J. & DIAS, R. (1982) – *Cartografia geológica da zona compreendida entre o Cabo da Roca e a Praia das Maças, na escala 1/10 000, Folhas 4-2, 5-2, da 34-A*. Tese de Estágio Científico da licenciatura em Geologia, Dep. de Geologia da Fac. Ciências da Univ. de Lisboa, Lisboa. Relatório Interno, não publicado, 239 p.
- MCKEE, E. D. & WARD, W. C. (1983) – Eolian Environment. In: *Carbonate Depositional Environments*. P. A. Scholle, D.G. Bebout, C.H. Moore (eds.), Tulsa: AAPG Memoir **33**, pp. 132-170.
- MONIZ, C. (1992) – *Análise de Fracturação. Exemplos de Aplicação nas Dunas Consolidadas de Oitavos e Praia da Aguda*. Tese de dissertação realizada no âmbito de provas equivalentes a Mestrado, Dep. Geol., Fac. Ciências da Univ. de Lisboa, Lisboa. Relatório Interno, não publicado, 172 p.
- MONIZ, C.; RIBEIRO, A. & CABRAL, J. (1993) – *Análise de Fracturação. Exemplos de Aplicação nas Dunas Consolidadas de Oitavos e Praia da Aguda*. In: *Resumos da 3ª Reunião do Quaternário Ibérico*. Grupo de Trabalho Português para o Estudo do Quaternário e Asociación Española para el Estudio del Cuaternario, Coimbra, 55 p.
- ORLOVA, L. A. & PANYCHEV, V. A. (1993) – The reliability of radiocarbon dating buried soils. *Radiocarbon*, **35**, (3), pp. 369-377.
- PEARSON, G. W. (1979) – Belfast Radiocarbon Dates IX. *Radiocarbon*, **21**, (2), pp. 274-290.

- PEREIRA, A. R. (1983) – Enquadramento geomorfológico do sítio datado por C¹⁴ na Praia de Magoito (concelho de Sintra, Portugal). In: *Actas del VI Reunión del Grupo Español de Trabajo del Cuaternario (Vigo)*, pp. 551-563.
- (1987a) – *Acumulações Arenosas Eólicas Consolidadas do Litoral do Alentejo e Algarve Ocidental*. Linha de Acção de Geografia Física, Relatório n.º 27, Centro de estudos geográficos, INIC, Lisboa, 113 p.
- (1987b) – Aspectos do relevo de Portugal – Litoral entre a Serra de Sintra e a Praia de S. Julião (Ericeira). *Finisterra*, Documentos para o Ensino, Lisboa, **XXII**, (44), pp. 423-434.
- PEREIRA, A. R. & CORREIA, E. B. (1985a) – *Dunas consolidadas em Portugal. Análise da bibliografia e algumas reflexões*. Relatório n.º 22 da Linha de Acção de Geografia Física. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos, INIC. 68 p.
- (1985b) – Duas gerações de dunas consolidadas em S. Julião, Ericeira (Portugal). In: *Actas da I Reunião do Quaternário Ibérico*. Grupo de trabalho Português para o Estudo do Quaternário e Grupo Español de trabajo del Quaternário, Lisboa, Volume I, pp. 323-337.
- PRUDÊNCIO, M. I.; MARQUES, R.; REBELO, L.; COOK, G. T.; CARDOSO, G. O.; NAYSMITH, P.; FREEMAN, S.P.H.T.; FRANCO, D.; BRITO, P. & DIAS, M.I. (2006) – Radiocarbon Chronology of the Oitavos Consolidated Dune (Western Portugal). *19th International Radiocarbon Conference (Abstracts & Programme)*. Keble College, Oxford. 289 p.
- RAMALHO, M.; REY, J.; ZBYSEWSKI, G.; ALVES, M. C. A.; PALÁCIOS, T.; ALMEIDA, F. M.; COSTA, C. & KULLBERG, M. (2001) – Notícia Explicativa. da Folha 34-C, Cascais. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, 104 p.
- REY, J. (1992) – Les unités lithostratigraphiques du Cretacé inférieur de la région de Lisbonne. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, **78**, (2), pp. 103-124.
- ROUCOUX, K. H.; SHACKLETON, N. J.; ABREU, L.; SCHÖNFELD, J. & TZEDAKIS, P. C. (2001) – Combined Marine Proxy and Pollen Analyses reveal Rapid Iberian Vegetation Response to North Atlantic Millennial-Scale Climate Oscillations. *Quaternary Research*, **56**, pp. 128-132.
- SOARES, A.M.M. (1989) – *O Efeito de Reservatório Oceânico nas Águas Costeiras de Portugal Continental*. Dissertação apresentada nas provas de acesso à categoria de Investigador Auxiliar. Sacavém: ICEN (INETI) / Departamento de Química. 135 p.
- (1993) – The ¹⁴C 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)*. Vienna: IAEA, pp. 471-485.
- (2003) – A duna de Magoito revisitada. *Revista Portuguesa de Arqueologia*, **6**, (1), pp. 83-100.
- (2005) – *Variabilidade do Upwelling Costeiro durante o Holocénico nas Margens Atlânticas Ocidental e Meridional da Península Ibérica*. Dissertação de Doutoramento. Faro: Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente, Universidade do Algarve. 205 p.
- SOARES, A.M.M. & CABRAL, J.M.P. (1984) – Datação pelo Radiocarbono. *Informação Arqueológica*. Lisboa: IPPAR, **4**, pp. 278-283.
- SOARES, A.M.M. & DIAS, J.M.A. (2006) – Coastal upwelling and radiocarbon – evidence for temporal fluctuations in ocean reservoir effect off Portugal during the Holocene. *Radiocarbon*, **48**, (1), pp. 45-60.
- SOARES, A.M.M. & SOUSA, A. C. (2003) – Aeolianites of the Coastal Region of Lisbon – a contribution to their dating. *Thalassas*, **19**, (2b), pp. 182-183.
- (2004) – Cronologia absoluta. In: “São Julião. Núcleo C do Concheiro Pré-Histórico” (*Cadernos de Arqueologia de Mafra*, 2). Mafra: Câmara Municipal. pp. 73-82.
- STOTT, L. D. (2002) – The influence of diet on the δ¹³C of shell carbon in the pulmonate snail *Helix aspersa*. *Earth and Planetary Science Letters*, **195**, pp. 249-259.
- STUIVER, M. & POLACH, H. A. (1977) – Discussion. Reporting of ¹⁴C Data. *Radiocarbon*, **19**, (3), pp. 355-363.
- SWIFT, R. S. (1996) – Chemical Analysis. In: *Methods of Soil Analysis*. Sparks, D. L.; Page, A. L.; Helmke, P. A.; Loepfert, R. H. (eds.). Madison: Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, **Part 3**, p. 1011.
- VAN ANDEL, T. H. & TZEDAKIS, P. C. (1996) – Palaeolithic Landscapes of Europe and Environs, 150,000-25,000 Years Ago: an Overview. *Quaternary Science Reviews*, **15**, pp. 481-500.
- VAN HUISSTEDEN, K. & POLLARD, D. (2003) – Oxygen isotope stage 3 fluvial and eolian successions in Europe compared with climate model results. *Quaternary Research*, **59**, pp. 223-233.
- WATERBOLK, H. T. (1971) – Working with Radiocarbon Dates. *Proceedings of the Prehistoric Society*, **37**, (2), pp. 15-33.
- YATES, T. (1986) – Studies of non-marine mollusks for the selection of shell samples for radiocarbon dating. *Radiocarbon*, **28**, (2A), pp. 457-463.