

## As mudanças da zona costeira pela interpretação dos sedimentos plistocénicos e holocénicos (a metodologia aplicada na zona costeira do NO de Portugal)

G. Soares de Carvalho<sup>1</sup>  
Helena Maria Granja<sup>2</sup>

### 1. Introdução

Este artigo sintetiza os principais resultados que temos obtido sobre as mudanças ambientais da zona costeira do NO de Portugal (entre o rio Minho e a Serra da Boa Viagem – Cabo Mondego) que ocorreram desde o Plistocénico superior ao Holocénico.

Admitiu-se que o modelo dos *terraços altimétricos* serviria para revelar os paleoambientes que teriam permanecido na zona costeira durante o Quaternário. As figuras 1 e 2 correspondem a modelos que se baseavam na suposição de que os depósitos considerados do Quaternário eram essencialmente de génese marinha, dispostos em *terraços*. Os *terraços marinhos* apresentar-se-iam escalonados (fig. 1, Meireles e Texier 2000) e cobertos por *limons* (fig. 2, Teixeira 1949).

Desde há anos que abandonamos por completo a metodologia proposta por aqueles modelos (Carvalho 1981). Os factos que temos reconhecido levaram-nos a uma metodologia em que os depósitos quaternários são tratados como qualquer outra formação geológica (descrição, determinação da sua génese, estratigrafia e cronologia, estruturas geológicas e suas aplicações).

### 2. Metodologia

Como os depósitos do Quaternário são formações sedimentares, às amostras colhidas em cada uma das suas unidades são aplicadas as técnicas sedimentológicas (análise dimensional, morfometria, etc.) estratigráficas (litostratigrafia e biostratigrafia) e mineralógicas (não aplicadas neste artigo). Procura-se, ainda, relacionar essas formações com as geoformas, demonstrando-se que muitas delas são paleoformas, que são indicadores, juntamente com os sedimentos a que possam estar associadas, das mudanças que condicionaram a paisagem actual.

---

<sup>1</sup> Universidade do Minho, Rua Elísio de Moura, 62 r/c, 4710-422 Braga, e-mail: soarescarvalho@oninet.pt

<sup>2</sup> Universidade do Minho, Departamento de Ciências da Terra, *Campus* de Gualtar, 4710-057 Braga, e-mail: hgranja@dct.uminho.pt

As mudanças da zona costeira pela interpretação dos sedimentos plistocénicos e holocénicos (a metodologia aplicada na zona costeira do NO de Portugal)

Neste artigo, para a descrição dos sedimentos e determinação da sua génese, recorreu-se à análise dimensional de areias (Krumbein e Pettijohn 1965, Lewis e McConchie 1994a,b), à morfometria de seixos (Cailleux 1947, Cailleux e Tricart 1959) e ao estudo de macrorrestos e microrrestos biológicos (troncos, ramos, moluscos, diatomáceas e pólenes). Os resultados com o estudo de pólenes não são referidos neste artigo.

Como as camadas de algumas formações não contêm restos orgânicos, que servissem para uma sugestão sobre paleoambientes nos quais se geraram, recorreremos aos diagramas de Friedman para identificar a sua génese (Friedman 1967, 1979a,b).

Para determinações cronológicas recorreremos ao método do radiocarbono (em vegetais e conchas) e à luminescência de grãos de quartzo (OSL = *Optical stimulated luminescence*).

Figura 1 – O modelo de *terraços* para a região do Porto (extraído de Teixeira 1949, p. 5)

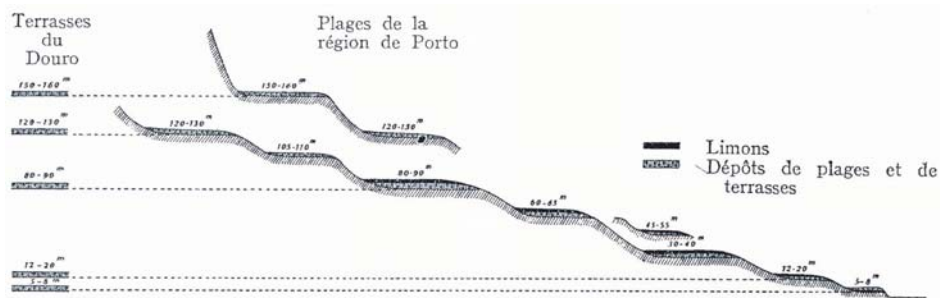
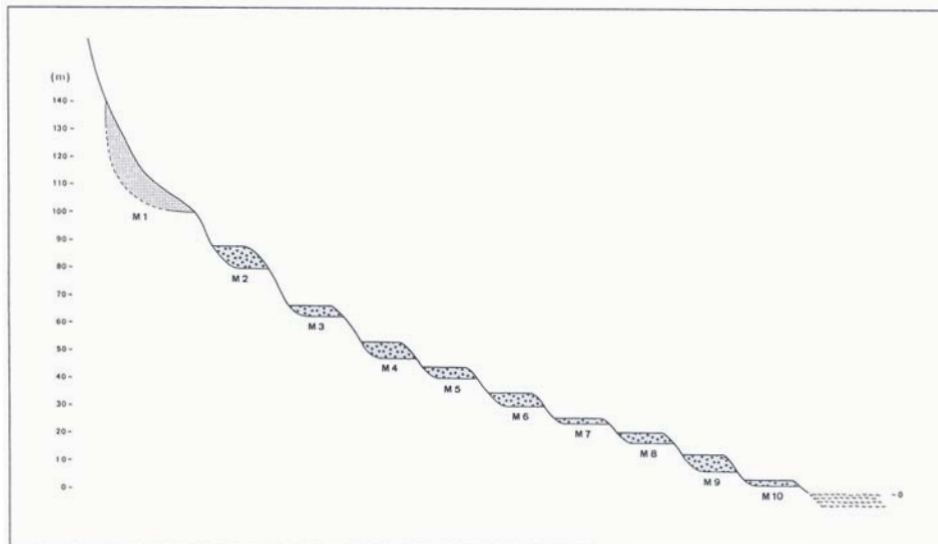


Figura 2 – Modelo de *terraços marinhos* escalonados



As datações pelo método do radiocarbono são apresentadas sob a forma convencional (anos BP) e calibrada (AD e BC, Stuiver 1998, Stuiver e Pearson 1993).

### 3. Conceito de zona costeira

Quando nos referimos a *zona costeira*, consideramo-la segundo a definição do projecto LOICZ (*Land-Ocean Interactions in Coastal Zone*): “from the coastal plains to the outer edges of the continental shelves approximately matching the region that has been alternately flooded and exposed during the sea level fluctuations of the Late-Quaternary period” (Holligan e Boois 1993).

Na aplicação deste conceito aceitamos para limite do Plistocénico-Holocénico os 10 000 anos; o prolongamento do Holocénico inclui os tempos históricos e a Actualidade.

Para a zona costeira do NO de Portugal as datações disponíveis fixam o Plistocénico a partir de 177 513 anos (OSL) e as datações do Holocénico têm valores entre  $950 \pm 80$  e  $4255 \pm 75$  anos BP (Carvalho *et al* 1996, Carvalho e Granja 1997, Carvalho *et al* 2002).

Distinguimos na zona costeira o conjunto das dunas e das praias que designamos por *faixa costeira*; a maior parte das dunas são paleodunas, actualmente a ser destruídas pelos processos da migração das praias que nelas modelam arribas em recuo ou as destroem por galgamentos do mar.

### 4. Génese, estratigrafia e cronologia dos depósitos

Seguindo os princípios da litostratigrafia (Helberg 1994), combinados com dados geocronológicos, individualizamos, a norte do rio Ave (até ao rio Neiva) e a norte da laguna de Aveiro (até Espinho), as seguintes formações:

#### 1. A norte do rio Ave

- Holocénico
  - Areias de dunas parabólicas
  - Areias de praia
  - Formação da Aguçadoura
- Plistocénico
  - Formação areno-limosa (equivalente ao areno-pelítico das cartas geológicas na escala 1:50 000 e aos coluviões de Meireles e Texier 2000)
  - Formação de Cepães
  - Conglomerado do Pinhote + Conglomerado do Outeiro + Areias da Gatanheira – Góis
  - Formação das Antas

#### 2. A norte da laguna de Aveiro (até Espinho)

- Holocénico
  - Areias de dunas parabólicas
  - Areias de praia
  - Podzol truncado
  - Formação de Silvalde
- Plistocénico
  - Formação de Cortegaça
  - Formação da Maceda

## 5. Descrição sumária das unidades litostratigráficas

5.1 – As dunas parabólicas cobrem uma necrópole medieval (necrópole de Barreiros – Fão, Brochado 1990-1992). São, por isso, atribuídas à Pequena Idade do Gelo (século XV-século XVIII, Granja 1990, Carvalho e Granja 1997, Carvalho 2003).

Datações da areias das dunas por luminescência (OSL):	
Bonança (Esposende) (200 m a Oeste da necrópole)	150 ± 10 (século XIX)
Ovar (500 m NO da igreja de Ovar)	240 ± 20 (século XVIII)
Cortegaça (a sul do esporão - Praia Velha)	133 ± 15 (século XIX)
Estela (campo de golfe - Póvoa de Varzim)	134 ± 15 (século XIX)
Praia do Belinho (Esposende); arriba norte	320 ± 20 (século XVII)

5.2 – As areias de praia (não actuais), ocupando uma posição inferior às areias das dunas parabólicas, reconhecem-se pela sua estratificação gradativa (*graded bedding*) sub-horizontal, muitas vezes atravessada por marcas de bioturbação do tipo *Scolithus* (Praia do Belinho, Bonança, Ovar e Praia de Cortegaça).

Datações da areias das praias por luminescência (OSL):	
Ovar (500 m NO da igreja de Ovar)	520 ± 50 (século XVI)
Cortegaça (a sul do esporão - Praia Velha)	406 ± 91 (século XV)

### 5.3 – A Formação da Aguçadoura

Para norte da praia do Mindelo (Vila do Conde), incluindo o estuário do rio Ave, A-Ver-o-Mar (Póvoa de Varzim), Aguçadoura (Póvoa de Varzim), e até ao rio Neiva (Esposende), abrangendo o estuário do rio Cávado, pode observar-se uma formação com uma unidade de sedimentos finos (areias limosas e limos), contendo leitos de turfa e troncos de árvores, ramos e raízes e lentículas de diatomito, leves quando secas (Granja 1990, Granja e Carvalho 1994, Carvalho e Granja 1997, Carvalho *et al* 2002). Estes indicadores são interpretados como reveladores de um sistema de lagunas costeiras, pântanos e estuários mais extensos.

As diatomáceas, abundantes nas suas camadas, são maioritariamente espécies de água doce, associadas a espécies de água salgada. Tal facto leva a interpretar os ambientes correspondentes a essas camadas como ambientes costeiros, que foram temporariamente invadidos por águas do mar (Granja 1999).

Os fragmentos de vegetais e turfas, datados pelo método do  $^{14}\text{C}$ , levam a atribuir a formação ao Holocénico (ver quadro I). Os estuários, como os do Ave, Cávado e Neiva, seriam mais extensos do que actualmente. Um braço do paleo-estuário do Cávado, que se estendia por parte da área actual da cidade de Esposende, prolongava-se até à ponte do Estreito (Barqueiros, Barcelos). Nos sedimentos finos acumulados no local, com uma espessura superior a 10 metros, encontraram-se diatomáceas de água marinha, salobra e doce, correspondentes a uma transição de ambientes, desde raso de maré até sapal em vias de continentalização, com um episódio intercalar, brusco, de penetração marinha (Granja 1999, p. 236)

### 5.4 – A formação areno-limosa

A formação areno-limosa é designada nas cartas geológicas de Portugal, à escala 1: 50 000 (Serviços Geológicos de Portugal), por *formação areno-pelítica de cobertura* e por coluviões (Meireles 1992, Meireles e Texier 2000). Esta formação não tem sido motivo de estudo aprofundado. Temos comparado esta formação com os depósitos plistocénicos

Quadro I – Datas pelo método do <sup>14</sup>C convencionais e calibradas do Holocénico lagunar

Localização das amostras	Material	Profundidade	Datas convencionais BP	Datas calibradas BC e AD	Referência do laboratório
Norte do rio Ave					
Póvoa de Varzim – A-Ver-o-Mar	turfa	afloramento	2540±90	cal BC 771	I – 15808
Póvoa de Varzim – A-Ver-o-Mar	madeira	afloramento	2340±90	cal BC 395	I – 15809
Aguçadoura (Póvoa de Varzim)	turfa	afloramento	920±60	cal AD 1064	I – 16891
Aguçadoura (Póvoa de Varzim)	madeira	afloramento	1900±40	cal AD 720	ICEN – 775
Esposende	carvão	afloramento	420±110	cal AD 1284	I – 15916
Esposende	carvão	poço – 2.00 m	3250±100	cal BC 1516	I – 15811
Foz do Neiva	turfa	afloramento	2320±90	cal BC 391	I – 15810
Vila do Conde (Ave)	turfa (raízes)	afloramento	450±60	cal AD 1444	ICEN – 768
Esposende	carvão	afloramento	740±80	cal AD 1454	I – 17171
Esposende	carvão	afloramento	4270±50 (AMS)	cal BC 2888	GX – 22208
Praia do Belinho	turfa	vibro-sondagem – 5.00 m	4470±50	cal BC 3253	ICEN – 774
Lagoa da Apúlia	turfa	vibro-sondagem – 5.12 m	600±50	cal AD 1328	ICEN – 767
Lagoa da Apúlia	turfa	vibro-sondagem – 3.02 m	580±60	cal AD 1400	ICEN – 771
Lagoa da Apúlia	turfa	vibro-sondagem – 2.55 m	360±40	cal AD 1511	ICEN – 772
Lagoa da Apúlia	turfa	sondagem mecânica – 3.45 m	2520±70	cal BC 209	GX – 29667
Lagoa da Apúlia	turfa	sondagem mecânica – 2.49 m	930±80	cal AD 1426	GX – 29668
Marachão (Cávado)	turfa	vibro-sondagem – 4.44 m	1780±50	cal AD 249	ICEN – 770
Marachão (Cávado)	turfa	vibro-sondagem – 4.34 m	1280±45	cal AD 719	ICEN – 769
Ribeira da Ramalha (Apúlia)	madeira	afloramento	2570±41	cal BC 333	GX – 28113
Ribeira da Ramalha (Apúlia)	madeira	afloramento	2830±40	cal BC 693	GX – 28114
I – Teledyne Isotopes (Westwood, U.S.A.)					
GX – Geochron Laboratories, Krueger Interprises, Inc. (Massachusetts, U.S.A.)					
ICEN – Instituto Tecnológico e Nuclear (Lisboa)					

de Mougás (Pontevedra, Galiza) (Carvalho e Granja 1997), aos quais foi atribuída uma cronologia entre 13 720 ± 110 e 5 530 ± 60 anos BP (Gómez-Orellana *et al* 1998).

Nos arredores de Afife (Viana do Castelo) foi colhida uma amostra de carvão, num depósito de tipo fluvial, cuja datação de 13 860 ± 440 anos BP (GX-22214) poderá considerá-la contemporânea do depósito da base do corte de Mougás (Carvalho e Granja 1997).

Consideramos esta informação insuficiente porque, na mesma área (farol de Montedor), existem unidades clásticas datadas de > 42370 anos BP (GX-20761) (Carvalho e Granja 1997).

### 5.5 – Formação de Cepães (cota do topo 6-10m)

Esta formação inclui duas unidades: uma inferior, com várias camadas de areias limosas, uma das quais de areia amarelada (datada de  $52\,500 \pm 6400$  anos (OSL)); e uma superior, de cascalho de seixos de quartzito, que sugerem um ambiente de praia (fig. 3). A morfometria dos seixos apoia essa hipótese, dado que o índice de desgaste dos seixos tem valores entre 430 e 520 e o índice de achatamento entre 1.90 e 2.20.

A aplicação dos diagramas de Friedman às areias sugere uma origem fluvial (fig. 3), pelo que a génese desta formação seria mista, ou seja, a um ambiente fluvial ter-se-ia sucedido um ambiente marinho.

### 5.6 – Formação das Antas (cota do topo 90 m)

A formação das Antas é constituída por duas unidades: uma inferior, de areia (datada de  $117\,513 \pm 26367$  anos (OSL)); e outra superior, de areias limosas e limos.

As unidades da formação encostam a uma caixa de falha, cujo enchimento inclui blocos da unidade superior (areias limosas), estriados e com espelhos, ou injeções do mesmo material.

A unidade de areia é considerada fluvial pela aplicação dos diagramas de Friedman (fig. 4). A unidade superior, por ser constituída por sedimentos muito finos, é considerada de génese lagunar ou lacustre.

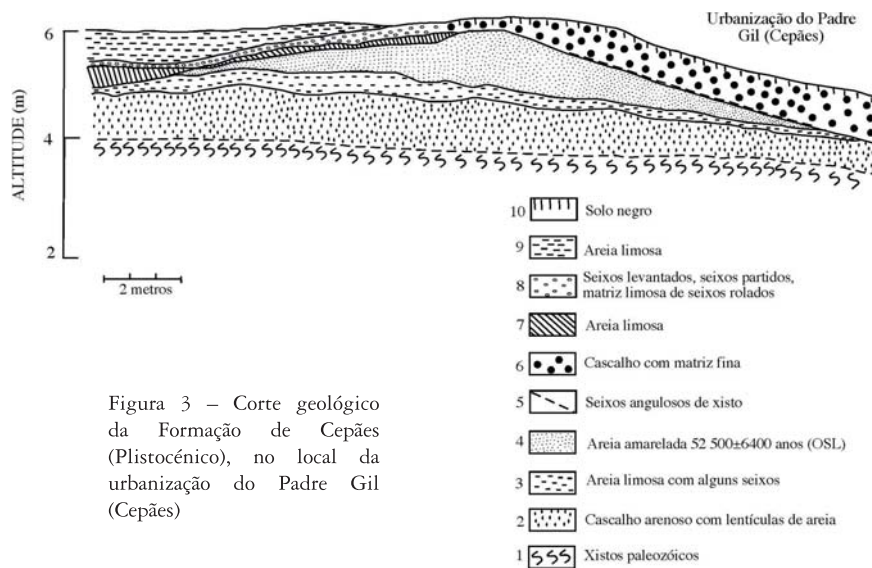


Figura 3 – Corte geológico da Formação de Cepães (Plistocénico), no local da urbanização do Padre Gil (Cepães)

Figura 4 – Amostras das camadas da Formação das Antas num diagrama de Friedman (assimetria versus desvio padrão) (Friedman 1967). Todos os pontos correspondentes às amostras distribuem-se pelo campo das areias fluviais

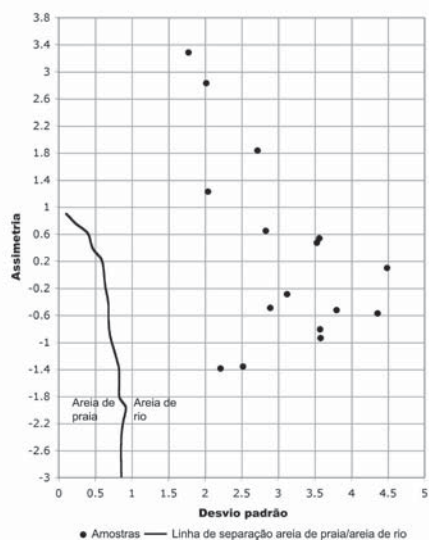
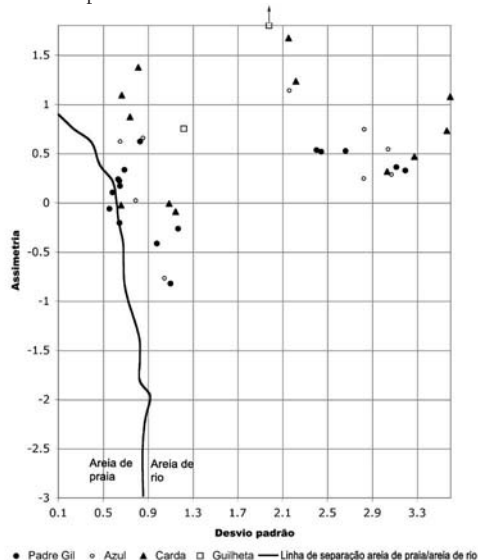


Figura 5 – Aplicação do diagrama do Friedman (assimetria versus desvio padrão) às areias das camadas da Formação de Cepães. Os pontos correspondentes às amostras distribuem-se pelo campo das areias fluviais



### 5.7 – Formação de Silvalde

A Formação de Silvalde inclui uma unidade inferior de areia com moluscos de água salobra, datados de  $2\ 185 \pm 130$  a  $4\ 920 \pm 105$  anos BP, à qual se sucede uma unidade de areias limosas, com turfas e troncos datados de  $180 \pm 25$  a  $2\ 635 \pm 70$  anos BP.

Atribui-se uma origem de lagunas costeiras, de águas salobras, que periodicamente teriam sido invadidas por águas do mar, como o provam as suas associações de diatomáceas. Uma sondagem mecânica, junto da ETAR de Paramos, que atravessou as unidades da formação, atingiu o substrato xistoso a 17 metros de profundidade.

As datações pelo método do radiocarbono levam a admitir que o topo da Formação de Silvalde (lagunar, pantanoso) (sul de Espinho) corresponde à Formação da Aguçadoura (norte do rio Ave). Na área onde se encontra a Formação da Aguçadoura não se localizou a unidade inferior com moluscos de água salobra.

As datações que levam a atribuir a Formação de Silvalde ao Holocénico estão reunidas no quadro II.

Entre os locais, em que tem sido observada a Formação de Silvalde em afloramentos extensos, destaca-se a praia da carreira de tiro (hoje desactivada), em Silvalde, e a Praia dos Marretas (Torrão do Lameiro, a sul do Furadouro (Ovar). Na praia dos Marretas, o afloramento observado na praia tinha a forma de um doma (*peat dome*, Alen 2000, p. 1200-1201) cuja zona central estava a ser destruída pelo mar, o qual abriu uma depressão circular, cujas vertentes estavam a desagregar-se por movimentos do tipo rotacional (figs. 4 e 5).

O afloramento foi observado entre 1996 e 2002; posteriormente, o afloramento foi novamente recoberto por areias.

As mudanças da zona costeira pela interpretação dos sedimentos plistocénicos e holocénicos (a metodologia aplicada na zona costeira do NO de Portugal)

Nos cortes das vertentes da depressão circular colheram-se diversas espécies de moluscos de águas salobras e marinhas; foram datadas pelo método do radiocarbono de  $2100 \pm 60$  (GX-2811).

Num dos cortes, as amostras mostram foraminíferos característicos de águas salobras (Cancelo 2004 p. 131, 179).

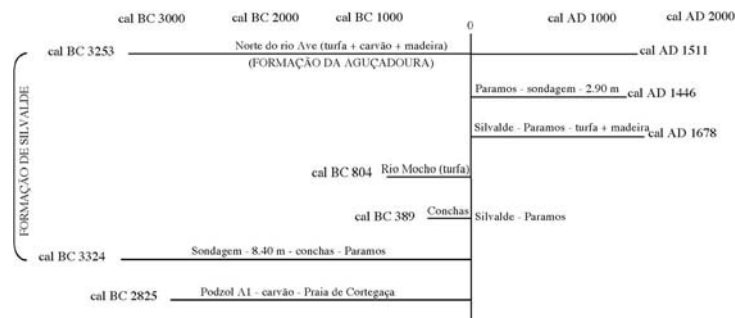
As datas calibradas mostram que o episódio lagunar, revelado pela Formação da Aguçadoura e pela Formação de Silvalde, se iniciou em tempos anteriores ao nascimento de Cristo (anos BC) e se manteve depois de Cristo (anos AD) (fig.6). A correspondência actual desse episódio são as lagunas residuais de Aveiro, de Esmoriz e lagoa da Apúlia, em fase de assoreamento.

### 5.8 – Formação de Cortegaça e Formação da Maceda

Para sul da praia de Esmoriz (Ovar), foram reconhecidas duas formações, não identificadas a norte do rio Ave: a Formação de Cortegaça e a Formação da Maceda.

Trata-se de um conjunto de camadas de areia e de limo que sugerem alternância de paleo-ambientes: praia *s. l.*, eólico, fluvial e de águas calmas (lacustres ou lacunares), cuja identificação é motivo de investigações em curso (Granja e Groot 1996, Granja *et al* 1996,1999, Carvalho e Granja 1997, Groot e Granja 1994, Granja 1999, Carvalho *et al* 2002).

Figura 6 – Limites máximos das datações calibradas (AD e BC) em carvão, turfa, madeira e conchas, da Formação da Aguçadoura, da Formação de Silvalde e do carvão do horizonte A<sub>1</sub> do podzol encontrado no topo da Formação de Cortegaça



As datações pelo método do radiocarbono vão de  $950 \pm 80$  anos BP (I-16677) a  $29000 \pm 690$  anos BP (GSC-5541), isto é, do Holocénico ao Plistocénico.

A Formação de Cortegaça inclui, no seu topo, um perfil truncado de um paleossolo, cujo horizonte A<sub>1</sub> forneceu fragmentos de carvão datados de  $950 \pm 80$  anos BP (I-16677) a  $4255 \pm 75$  anos BP (GX-20364); este perfil não foi reconhecido a norte do rio Ave.

A Formação da Maceda inclui camadas com restos de *Pinus sylvestris*, alguns em posição vertical (praia a sul do esporão meridional de Esmoriz). As datações dos troncos vão de  $20700 \pm 300$  anos BP (KSU-2203) a  $29000 \pm 690$  (GSC-5541).

Estas datações fazem sugerir que as camadas com restos de troncos se geraram durante a última grande glaciação (último máximo glaciário), durante a qual o mar estaria muito afastado das actuais praias.



G. Soares de Carvalho  
Helena Maria Granja

Quadro II – Datas pelo método do <sup>14</sup>C convencionais e calibradas dos depósitos holocénicos a Norte da laguna de Aveiro

Localização das amostras	Material	Profundidade	Datas convencionais BP	Datas calibradas BC e AD	Referência do laboratório
Silvalde					
ESP-4.2a Carreira de tiro-Silvalde-Paramos	madeira	afloramento	1180±45	cal AD 883	ICEN – 41
ESP-4.2b	madeira		1020±80	cal AD 1017	I – 15415
ESP-4.1	turfa		1010±80	cal AD 1020	ICEN – 126
ESP-4.1A	turfa		1220±60	cal AD 787	ICEN – 127
ESP-4.6T	madeira		1700±30	cal AD 382	KSU – 2208
ESP-4.1B	turfa		1100±35	cal AD 967	ICEN – 128
ESP-4.2	madeira		1240±35	cal AD 782	ICEN – 125
ESP-9.4P ETAR-Paramos	turfa		500±80	cal AD 431	I – 16534
ESP-9.4PP	turfa-ramos	afloramento	180±25	cal AD 1678	KSU – 2209
Espinho					
ESP-40.3.2T Rio Mocho (Espinho)	turfa	afloramento (fundações - 2 m)	2600±65	cal BC 797	GX – 20362
ESP-40.1T	turfa		2635±70	cal BC 804	GX – 20361
ESP-40.3T	turfa		2530±60	cal BC 768	GX – 20527
ESP-40.2T	turfa		2015±80		GX – 21552
Conchas					
ESP-4.42 Carreira de tiro	conchas	afloramento	2310±90	cal BC 389	I – 15807
ESP-9.2 ETAR Paramos	conchas		2230±110	cal BC 357	I – 16533
ESP-2.4.1	conchas		2185±130	cal BC 197	GX – 20766
OV-9.3c (Torrão do Lameiro)	conchas	afloramento	2100±60		GX – 2811
Sondagem ETAR RGD6					
RGD-39.3 2.90 m	carvão	2.90 m	440±60	cal AD 1446	GX – 22211
RGD-6.22 6.10 m	conchas	6.10 m	4090±220	cal BC 2182	GX – 21264
RGD-6.15 8.40 m	conchas	8.40 m	4920±105	cal BC 3324	GX – 22216
I – Teledyne Isotopes (Westwood, U.S.A.) GX – Geochron Laboratories, Krueger Interprises, Inc. (Massachusetts, U.S.A.) ICEN – Instituto Tecnológico e Nuclear (Lisboa) GSC – Geological Survey of Canadá					

Quadro III – Datas pelo método do <sup>14</sup>C convencionais e calibradas do carvão do horizonte A<sub>1</sub> do podzol holocénico

Localização das amostras	Material	Profundidade	Datas convencionais BP	Datas calibradas BC e AD	Referência do laboratório
Silvalde (Espinho) Praia da carreira de tiro					
ESP-2.2Ma	carvão		2780±50	cal BC 991	ICEN - 751
ESP-6.8c			2090±45	cal BC 900	ICEN – 752
ESP-11.20			3490±100	cal BC 1859	I – 16675
ESP-13.3c			950±80	cal BC 1041	I – 16677
ESP-16.3c			2660±50	cal BC 810	GSC – 5418
ESP-1.10c			2610±80	cal BC 799	I – 17187
ESP-2.3M			2540±50	cal BC 771	GSC – 5471
ESP-2.4G			2690±110	cal BC 822	GSC – 20764
ESP-2.4M			2415±80	cal BC 410	GX – 20764
ESP-2.2Ma			3160±90	cal BC 1419	I – 16689
ESP-1.10c			1970±110	cal AD 59	GSC – 5512
ESP-6.8c			2070±30	cal BC 50	KSU – 2205
OV-8.3c (Ovar)	carvão		4255±75	cal BC 2885	GX – 20364
I – Teledyne Isotopes (Westwood, U.S.A.); GX – Geochron Laboratories, Krueger Interprises, Inc. (Massachusetts, U.S.A.) ICEN – Instituto Tecnológico e Nuclear (Lisboa); GSC – Geological Survey of Canadá; KSU – Kyoto Sangyo University (Japão) Localização das amostras: ESP-1 e 2 Praia de Cortegaça; ESP-6, 11 e 12 Sul do esporão de Cortegaça; ESP-16 Praia Velha (Cortegaça); OV.8 entre Ovar e Pardilhó					

As mudanças da zona costeira pela interpretação dos sedimentos plistocénicos e holocénicos (a metodologia aplicada na zona costeira do NO de Portugal)



Figura 7 – Praia dos Marretas, Torráo do Lameiro, a sul do Furadouro. Peat dome nas camadas lagunares da Formação de Silvalde



Figura 8 – Praia dos Marretas. Pormenor do doma da fig. 7, mostrando o movimento rotacional das suas vertentes

## 6. Conclusões

A aplicação das técnicas da Sedimentologia, na interpretação genética de sedimentos clásticos, e da Geocronologia levou a formular a existência de uma sequência de paleo-ambientes, que mostra quanto foram complexas as mudanças da zona costeira desde o Plistocénico ao Holocénico.

Essa complexidade prova-se pelas formações identificadas e pelas suas géneses diferentes: Areias de dunas e praias da Pequena Idade do Gelo; Formação da Aguçadoura com um episódio lagunar Holocénico; Formação de Cepães, com camadas inferiores fluviais plistocénicas ( $52\,500 \pm 6\,400$  anos-OSL) e uma camada superior de seixos com morfometria de ambiente de praia; Formação das Antas, com camadas inferiores de areia fluvial plistocénica ( $117\,513 \pm 26\,367$  anos-OSL) e outra superior de areias limosas e limos; formação areno-limosa, possivelmente equivalente ao depósito do corte de Mougás (Pontevedra, Galiza) (Holocénico-Plistocénico); Formação de Silvalde, com camadas lagunares do Holocénico ( $180 \pm 25$  a  $4920 \pm 105$  anos BP); Formação da Praia de Cortegaça (holocénica), cujo topo inclui um paleossolo do tipo podzol, truncado, datado de  $950 \pm 90$  a  $4255 \pm 75$  anos BP; e Formação da Praia da Maceda (plisticénica), a qual inclui macrorrestos de *Pinus sylvestris*, alguns datados de  $20\,700 \pm 300$  a  $29\,000 \pm 690$  anos BP.

A definição desta sequência de formações mostra que variações do nível do mar, consequência de vários mecanismos forçadores como os de origem climática e (neo)tectónica, ocorreram, várias vezes, na zona costeira do NO de Portugal, desde o Plistocénico final. São de assinalar: a paleofloresta de *Pinus sylvestris* da Formação da Maceda (Última Grande Glaciação, que provocou uma grande regressão) e a variação dos paleo-ambientes da mesma formação; a Formação da Praia de Cortegaça (transgressão) e o horizonte de um paleo-podzol no seu topo (regressão); o episódio lagunar revelado pela Formação da Aguçadoura e Formação de Silvalde (regressão); as camadas fluviais da Formação de Cepães (regressão) e a crista de seixos de possível origem marinha (transgressão); e as camadas de areias fluviais da Formação das Antas (regressão).

## Agradecimentos

Colaboraram na preparação deste artigo:

- Eng<sup>o</sup> A. Monge Soares, do Instituto Tecnológico e Nuclear, que aplicou o programa de Pearson e Stuiver 1993 para a obtenção de datas calibradas.
- Dr. Renato Henriques, da Universidade do Minho, que aplicou o programa de Stuiver *et al* 1998 para obtenção de datas calibradas, e executou os diagramas de Friedman, com o programa *Sedmac* (Henriques 2003, 2004).
- Dr. Eduardo Loureiro na determinação de índices morfométricos de seixos.
- Dr<sup>a</sup> Ana Luísa Costa que executou os desenhos do artigo e preparou o texto.
- As datações por luminescência (OSL) foram executadas por: Dr<sup>a</sup> Romola Parish, da Universidade de Sussex; Dr. Frank Preusser, da Universidade de Colónia; e Dr. Puthusserry Thomas, no *Laboratory for Luminescence Dating* (Dinamarca).

## Bibliografia

- Allen J. R. L., 2000, Morphodynamics of Holocene salt marshes: a review sketch from the Atlantic and Southern North Sea coasts of Europe. *Quaternary science Reviews* 19:1155-1231
- Almeida C. A. B., 1990-1992, Necrópole medieval das Barreiras, Fão. *Boletim Cultural de Esposende*, 17:111-126, Câmara Municipal de Esposende
- Cailleux, A., 1947, L'indice d'émousé: définition et première application. *Compte-rendus Sommaires de la Société Géologique de France* 10, 250-252
- Cailleux, A. e Tricart, J., 1959, *Initiation à l'étude des sables et des galets*. Centre de Documentation Universitaire, p. 376, Paris
- Cancelo L. L., 2004, *Cambios paleoambientales en el NW peninsular durante el Holoceno determinados a partir del estudio de foraminíferos bentónicos*. Universidade da Coruña (tese de doutoramento), p. 293
- Carvalho G. S., 1981, Uma metodologia para análise dos depósitos do Quaternário- *Arqueologia*, Grupo de Estudos Arqueológicos do Porto 4:5-18
- Carvalho, G. S. e Granja, H. M., 1997, Terraços *versus* litostratigrafia e geocronologia do Plistocénico e do Holocénico da zona costeira do Minho (Portugal). *Estudos do Quaternário* 1, 23-40. Associação para o Estudo do Quaternário (APEQ)
- Carvalho G. S., Granja H. M., Gomes P., Loureiro E., Henriques R., Carrilho I., Costa A. L. e Ribeiro P., 2002, New data and ideas concerning recent geomorphological changes in the NW coastal zone of Portugal. Proceedings of the LITTORAL 2002, EUROCOAST-PORTUGAL, Porto, pp. 399-410
- Friedman, G. M., 1967, Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *Journal of Sedimentary Petrology* 37(2), 327-354
- Friedman, G. M., 1979a, Address of the retiring President of the International Association of Sedimentologists: differences in size distributions of populations of particles among sands of various origins. *Sedimentology* 26, 3-32
- Friedman, G. M., 1979b, Differences in size distributions of populations of particles among sands of various origins: addendum to IAS President Address. *Sedimentology* 26, 859-862
- Gómez-Orellana L., Ramil-Rego P. e Sobrino C. M., 1998, Uma nueva secuencia polínica y cronológica para el depósito pleistoceno de Mougás (NW de la Península Ibérica). *Revue de Paleobiologie*, Genève, 17(1):35-47
- Granja H. M., 1990, *Repensar a geodinâmica da zona costeira: o passado e o presente; que futuro?* Tese de doutoramento. Universidade do Minho, Braga
- Granja, H. M., 1999, Late Pleistocene and Holocene sea-level, neotectonic and climatic indicators in the northwest coastal zone of Portugal. *Geologie en Mijnbouw*, 77(3-4), 233-245

As mudanças da zona costeira pela interpretação dos  
sedimentos plistocénicos e holocénicos (a metodologia  
aplicada na zona costeira do NO de Portugal)

- Granja, H. M. e Carvalho, G. S., 1994, How can the Holocene help to understand coastal zone evolution? *Proceedings of the Second International Symposium EUROCOAST-Littoral 94*, 1: 149-167, Lisboa
- Heldberg, H. D. (ed. First edition 1976), 1994. *International Stratigraphic Guide. A Guide to Stratigraphic classification, Terminology and Procedure*. Second edition co-published by the International Union of Geological Sciences and the Geological Society of America, Amos Salvador Editor, second Edition
- Henriques R., 2003, SEDMAC/SEDPC: programa informático de apoio à análise dimensional de populações ditriticas. VI Congresso Nacional de Geologia. 2003, *Ciências da Terra*, número especial V, Universidade Nova de Lisboa, p. 40
- Henriques R. E., 2004, SEDMAC/SEDPC: An application to support particle size analysis of unconsolidated sediments. *32<sup>nd</sup> International Geological Congress*. Abstract 1:126
- Holligan, P. M. e Boois, H. (ed), 1993, *Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ), Global Change. Report n° 25, The International Geosphere-Biosphere Programme. A Study of Global Change* (IGBP of the International Council of Scientific Union (ICSU), Stockholm
- Krumbein, W. C. and Pettijohn, F. J., 1965, *Manual of Sedimentary Petrography*. Appleton-Century-Crofts, New York
- Lewis, D. W. e McConchie, D., 1994a, *Practical Sedimentology*, second edition, Chapman and Hall, New York p. 213
- Lewis, D. W. e McConchie, D., 1994b, *Analytical Sedimentology*, Chapman and Hall, New York p. 197
- Meireles, J., 1992, As indústrias líticas pré-históricas do litoral minhoto. Contexto cronoestratigráfico e paleoambiental. *Cadernos de Arqueologia – Monografia 7*, Unidade de Arqueologia da Universidade do Minho, Braga, p. 763
- Meireles, J. e Texier, J.-P., 2000, Étude morpho-stratigraphique des dépôts littoraux du Minho (NW du Portugal). *Quaternaire* 11(1), 21-29
- Stuiver M. e Reimer P.J., 1993, Extended <sup>14</sup>C database and revised CALIB radiocarbon program. *Radiocarbon* 35:215-230
- Teixeira, C., 1949, Plages anciennes et terrasses fluviales du litoral du Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique. *Boletim do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Lisboa*, 17:3-18