

## A GEOLOGIA DO HOLOCÉNICO APLICADA AO ORDENAMENTO DA ZONA COSTEIRA

HELENA MARIA GRANJA \*

### Resumo

É apresentada uma síntese dos conhecimentos sobre a estratigrafia e geocronologia das formações sedimentares do Plistocénico-Holocénico, nas quais se identificaram indicadores da alternância de paleoambientes (lagunares, de praia, eólicos) e paleossolos (exemplo, um solo do tipo podzol). O facto leva a admitir que são causas naturais que influenciam o emagrecimento e a migração das praias actuais (= erosão das praias) e não causas antrópicas, como se procura fazer crer; discute-se o papel das barragens no fenômeno.

O ordenamento costeiro faz-se sobre paleogeofomas holocénicas que estão a ser destruídas por causas naturais (a que as causas antrópicas podem oferecer um pequeno reforço), razão pela qual é pouco realista falar-se em reconstituição de geoformas. O ordenamento costeiro deverá considerar o facto como um dos seus fundamentos.

A exemplificação da situação é dada pelos galgamentos do mar sobre a duna frontal e sobre outras formas dunares, cuja geocronologia é apresentada.

### Abstract

A synthesis of knowledge is presented about the stratigraphy and geochronology of Pleistocene-Holocene sedimentary formations, where indicators of palaeoenvironment alternation (lagoon, beach, dune, and soil) were identified.

The evidence points towards a natural origin for the thinning and inland migration of the beaches (coastal erosion) rather than a human one, as has also been argued (e.g. the role of dams).

Coastal management is superimposed on Holocene palaeo-geoforms that are being destroyed by natural causes (the human impact may contribute by reinforcing those). It is thus unrealistic to speak of geoform reconstruction. Coastal management should consider this as one of its fundamental issues.

An example of the situation is given by the overwashing through foredunes and other dunes, the geochronology of which is presented.

### INTRODUÇÃO

Tem sido nossa preocupação compreender a actual dinâmica costeira para dispôr de informações que sirvam para fundamentar o ordenamento da zona costeira e a gestão dos seus recursos naturais.

O campo da nossa experiência é a *zona costeira do Noroeste de Portugal*, isto é, entre o estuário do rio Minho e a Serra da Boa viagem – Cabo Mondego.

As consequências dos processos da dinâmica costeira manifestam-se, sobretudo, pela *migração das praias para o interior e pelo seu emagrecimento* (= erosão das praias), recuo das arribas, galgamentos do mar sobre a duna frontal e penetração do mar nos estuários e lagunas costeiras, cujas restingas migram, também, para o interior.

As consequências são negativas para as populações e seus bens. O ordenamento deverá tentar mitigar ou minimizar essas consequências negativas.

Consideramos a *migração das praias* como sendo de **origem natural**, ligada às transformações pelas quais o nosso Globo passa actualmente. É frequente atribuir-se a mudança global (um dos indicadores é a destruição da paisagem costeira) às intervenções do Homem (*processos antrópicos*), exagerando os seus efeitos, e quase as tornando exclusivas daquela mudança. As provas desta exclusividade não são

convincentes nem objectivas quando se analisam os indicadores das mudanças paleoambientais ocorridas na zona costeira, nos últimos milhares de anos (do Plistocénico final < 30 000 anos ao Holocénico < 10 000 anos, incluindo os tempos históricos). Aquelas intervenções constituem o domínio dos cenários hipotéticos relacionados com as mudanças climáticas, tão *mediatizadas* e espectacularmente divulgadas nos nossos dias, a partir de reuniões políticas internacionais, nas quais se responsabilizam excessivamente as intervenções antrópicas naquelas mudanças.

Não são trazidas para o debate outras causas, reveladas pela análise de indicadores conservados nas rochas sedimentares, acumuladas em ambientes de um Passado muito recente.

Sem excluir os efeitos, embora reduzidos, provocados pelas «causas antrópicas» procuramos os indicadores das «causas antigas» das mudanças globais (paleoambientais, paleoclimáticas e neotectónicas) para compreendermos as «causas» das mudanças a que assistimos, actualmente, na zona costeira.

A nossa maneira de pensar apoia-se no princípio de Lyell: *o Passado é a chave do Presente* (Blundell e Sooth 1998). Muitas das ideias expressas neste texto são resultantes de uma colaboração, de alguns anos, com o Professor G. Soares de Carvalho.

\* Professora Associada da Universidade do Minho.

## OS INDICADORES DOS PALEOAMBIENTES DA ZONA COSTEIRA

Os indicadores, em que apoiamos as nossas ideias e recomendações, referem-se, sobretudo, ao Holocénico (<10 000 anos BP) e ao Plistocénico superior (<30 000 anos BP).

Têm sido reconhecidos em afloramentos de unidades sedimentares, cortes naturais (como, por exemplo, arribas) ou artificiais (taludes de estradas, abertura de fundações de habitações, instalação de campos agrícolas, exploração de areias, e através de sondagens pouco profundas – profundidade inferior a 50 metros, dependente dos equipamentos utilizados).

Os indicadores que temos utilizado são os seguintes:

- para determinações sedimentogenéticas (definição de paleoambientes e paleoclimas): dados dimensionais de areias, limos e cascalhos, dados morfométricos de seixos, estruturas sedimentares, paleossolos e significado de diatomáceas, pólens, associações de moluscos e restos de vegetais;
- para determinações geocronológicas: o método de radiocarbono (turfas, madeira e conchas) e o método da luminescência para grãos de quartzo (OSL = *Optical stimulated luminescent*).

## SÍNTSE DE CONHECIMENTOS ESTRATIGRÁFICOS E GEOCRONOLÓGICOS

Temos aplicado os critérios da *litostratigrafia* definindo um certo número de formações, às quais procuramos atribuir limites cronológicos (ver quadro I, II, III) (figs. 1, 2, 3 e 4).

## A RESPONSABILIDADE DO HOMEM NA MIGRAÇÃO E EMAGRECIMENTO DAS PRAIAS (= EROSÃO DAS PRAIAS)

É, frequentemente, repetido, por muitos, que a *migração e emagrecimento das praias* (=erosão das praias) é uma consequência da retenção dos sedimentos (transportados pelos rios) pelas barragens construídas nas bacias hidrográficas.

Quando se tem a oportunidade, por motivo de esvaziamento das albufeiras como, por exemplo, a situação da barragem da Venda Nova (rio Rabagão, Vieira do Minho), de se observarem as vertentes que ficaram submersas, pode ver-se sobre elas uma cobertura detritica, de espessura muito variável (até cerca de um metro). A cobertura apresenta-se sob a forma de bandas alternantes de sedimentos grosseiros (desgregação dos solos das vertentes), que não sofreram grande transporte, e de sedimentos finos (limos = «silt») que, por motivo da sua exposição ao ar, durante o esvaziamento, se cobriram de fendas de dissecação («mud-cracks»); a cobertura limosa cobre antigos campos, muros que os separavam, caminhos, etc. (figs. 3, 4, 5 e 6).

A cobertura de sedimentos não ocultou completamente nem os degraus dos campos agrícolas, nem os caminhos e as pequenas obras que atravessavam os talvegues (fig. 7).

Apesar de existir uma cobertura detritica acumulada, a montante das barragens, nas vertentes, após a sua construção não existem resultados de qualquer monitorização dos enchimentos detriticos das albufeiras que permitam uma comparação da morfologia dos vales antes da sua submersão e actualmente, observada quando do esvaziamento das albufeiras; por isso, não é possível avaliar o volume dos sedimentos acumulados. Seriam estes sedimentos que, *hipotéticamente*, faltariam na alimentação das praias, daí resultando a sua «erosão».

Não há a menor prova de que os sedimentos das praias sejam *exclusivamente* derivados dos transportes sólidos dos rios. Quando se «insiste» nesta ideia, procura-se «ocultar» da discussão outros factos para os quais chamamos a atenção, desde há anos, e que a seguir se referem (Granja e Carvalho 1994, 1997):

Não é possível atribuir a migração e o emagrecimento das praias, que hoje se verifica em muitas costas do Globo, à retenção dos sedimentos fluviais nas albufeiras das barragens, nem, tão pouco, ao «*efeito de estufa*» antrópico, porque, a manter-se esta posição, não se disporia de uma explicação para:

- As **invasões do mar** no segmento costeiro de Espinho, documentadas por factos que provam que elas começaram a ocorrer, pelo menos, desde o final do século XIX; então, não tinham ainda sido construídas as barragens nos rios de Portugal, nem se pode admitir que, nessa altura, já existissem alterações climáticas de natureza antrópica (Carvalho 1995, Granja e Carvalho 1997).

- A origem dos sedimentos das praias, cujos elementos, pela sua natureza petrográfica e forma, não são encontrados nos depósitos detriticos derivados do caudal sólido dos rios, como, por exemplo, os das praias de cascalhos com seixos de quartzito, entre o rio Lima (Amorosa) e o rio Cávado (fig. 9 e 10).

A localização das fontes de alimentação deste tipo de sedimentos das praias têm sido localizadas na plataforma continental e na pré-praia onde se encontram afloramentos daqueles tipos de rochas e coberturas detriticas superficiais com as mesmas características (Carvalho e Granja 1997).

- As alternâncias de paleoambientes, que ocorreram na zona costeira do NO de Portugal, desde o

QUADRO I

**Litostratigrafia, sedimentologia, datações  
(radiocarbono e OSL) e interpretação ambiental  
de afloramentos e sondagens  
no Holocénico**

TABLE I

**Lithostratigraphy, sedimentology, dating  
(radiocarbon and OSL) and environmental  
interpretation of outcrops and cores  
in the Holocene**

Unit Lithology	Age in years BP	Interpretation
<b>Formação Aguçadoura</b>		
A4 Sands		Aeolian
A3 Bioturbated sands		Beach
A2 Fine to very fine, silty sands with diatomite and peat lenses	$^{14}\text{C}$ : 1900 ± 40 to 920 ± 60 OSL: 2477 ± 531	Lagoonal
A1 Sands		Aquatic (marine) Fresh to brackish, lagoonal
<b>Formação Silvalde-Paramos Beach</b>		
S2 Peaty ( <i>«atijucam»</i> ) layer with fossil tree trunks and seeds Diatoms: <i>Nitzschia scalaris</i> , <i>Synedra pulchella</i> , <i>Navicula peregrina</i> , <i>Navicula pusilia</i> , and many fragments of fresh-water species (e.g. <i>Cyclotella meneghiniana</i> ).	$^{14}\text{C}$ : 1700 ± 30 to 500 ± 80	
S1 Fine, silty, > 2 m thick sands, with brackish-water lamellibranchs	$^{14}\text{C}$ : 2310 ± 90 to 2200 ± 80	Lagoonal
<b>Formação Paramos (RGD6) core</b>		
P6 2.10 m depth upwards, predominantly cross-bedded sands		Aeolian
P5 2. 10 to 3 m: cross-bedded and cross-laminated sands with a shell layer		Washovers
P4 3 to 3.5 m: clay with a peaty layer on top	$^{14}\text{C}$ : 440 ± 50	Lagoonal
P3 3.5 to 7 m: alternations of fine silty sands with more or less shell-rich intervals		Lagoonal with proximal washovers
P2 7 to 12 m: clay and sandy clay with brackish lamellibranch shells	$^{14}\text{C}$ : 4920 ± 105 and 4090 ± 220	Lagoonal with distal washovers
P1 Below 12 m: alternation of fining-upwards and coarsening-upwards, pebble-rich sands		Beach
<b>Formação Cortegaça Beach</b>		
C5 Sands with large-scale cross-bedding		Aeolian
C4 Sands, bioturbated, showing parallel laminations and heavy-mineral streaks		Beach
C3 Podzol, with A1 and A2 horizons	$^{14}\text{C}$ : 3490 ± 90 to 1650 ± 160	Aeolian, also soil
C2 Sands with a partly eroded and complex sedimentary succession. The lower part (^) in the area near Cortegaça Beach itself, shows a lateral change from wavy parallel to tabular, south ward oriented crossbedded sets and northwards oriented climbing ripple sets, overlain by parallel laminated sets, locally with a bubble sand intercalation (i.e. containing many air bubbles entrapped during rapid sedimentation from swash, often found on the backshore; cf. Reineck & Singh 1980). More southwards, where the unit is erosively overlain by unit C5, the contact is heavily bioturbated. The top of the unit (^B) is structureless due to the presence of rootlets from unit C3	OSL: 6390 ± 120^ OSL: 6958 ± 846^B to 6457 ± 937^B	The parallel and cross-bedded sets are interpreted as (tidally dominated) beach deposits while the upper, structureless part, may be aeolian
C1 Fine silty sands in lateral contact with unit C1A	$^{14}\text{C}$ : 6830 ± 60 and 5500 ± 160	Lagoonal
C1A Fine silty sands overlying white, aquatic sands	$^{14}\text{C}$ : 17 100 ± 200 to 14 720 ± 220	Lagoonal

(Adaptado de Granja 1999)

QUADRO II

**Litostratigrafia, sedimentologia, datações  
(radiocarbono e OSL) e interpretação ambiental  
de afloramentos  
do Plistocénico**

Table II

**Lithostratigraphy, sedimentology, dating  
(radiocarbon and OSL) and environmental  
interpretation of outcrops and cores  
in the Pleistocene**

Unit Lithology	Age in years BP	Interpretation
<b>Formação da Maceda Beach</b>		
M9 Sands with large-scale cross-bedding		Aeolian Beach
M8 Sands, bioturbated, mainly with parallel laminations and heavy-mineral streaks		Aeolian
M7 Sands with a metre-scale cross-bedded sea at the base, followed by tabular decimetre-scale cross-bedding. Locally topped by a podzol		
M6 Fine silty sands. The top represents a major palaeo-surface along the cross-section	$^{14}\text{C}$ : 15250 ± 500 and $^{13}\text{C}$ 255 ± 685	Aquatic (lake or fresh-water lagoonal)
M5 Sands with locally contorted bedding, bioturbation and large clay balls		Aquatic
M4 Fine silty sands	$^{14}\text{C}$ : 17 100 ± 200	Aquatic (lake or fresh-water lagoonal)
M3 Structureless (bioturbated) sands		Probably aquatic
M2 Fine silty sands ( <sup>A</sup> ) with locally thin clay laminae towards the top. Contains <i>Pinus silvestris</i> ( <sup>B</sup> , Figure 6) and Gramineae pollen	$^{14}\text{C}$ : 26 700 ± 100 <sup>A</sup> $^{14}\text{C}$ : 27 150 ± 250 <sup>B</sup> to 19 910 ± 260 <sup>B</sup>	Aquatic (lake or fresh-water lagoonal)
M1 Structureless (bioturbated) sands with rootlets in the		Probably aquatic

(Adaptado de Granja 1999)

QUADRO III

**Interpretação paleoambiental da sondagem  
realizada na Ponte do Estreito  
(Barqueiros, Barcelos)**

TABLE III

**Paleoenvironmental interpretation  
of the core of Ponte do Estreito  
(Barqueiros, Barcelos)**

Zone and depth to surface	Diatom species	Environmental interpretation
Zone E 0-4.60 m	<i>Eunotia pectinalis</i> <i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Gomphonema acuminatum var. coronata</i> <i>Na vicula pusilia</i>	Brackish lagoon of zone D changes to an upper saltmarsh environment (terrestrial). When the <i>Eunotia</i> flora appears, the environment becomes fresh, oligomesotrophic and slightly acid (pH ~ 5), with growth of aquatic plants.
Zone D 4.60-5.50 m	<i>Nitzschia obtusa</i> <i>Diploneis ovalis</i> <i>Melosira moniliformis</i> <i>Rhopalodia acuminata</i>	Transition towards a brackish, stagnant lagoon.
Zone C 5.50-6.80 m	<i>Fragilaria construens var. susalina</i> <i>Eunotia pectinalis</i>	Sudden flooding, increasing marine influence. Shallow, fresh to brackish water, depth ≤ 1 m.
Zone B 6.80-7.20 m	<i>Navicula pusilia</i>	Upper saltmarsh, above high tides. Increasing fresh water influence.
Zone A 7.20-7.90 m	<i>Diploneis didyma</i> <i>Paralia (Melosira) sulcata</i> <i>Stauroneis gregorii</i> <i>Nitzschia punctata</i> <i>Nitzschia navicularis</i> <i>Nitzschia sigma</i>	Marine-brackish epipelagic diatoms. Mudflats to saltmarshes at high water level.

Profundidades a partir da superfície de um enchimento holocénico, situado a cerca de 5 metros de cota (MSL)

(Adaptado de Granja 1999)

Plistocénico; os depósitos, que então se formaram, conservam indicadores de paleoambientes lagunares, de praia, de duna, galgamentos do mar, etc., sintetizados nos quadros I, II, III, IV e V, os quais provam que as «invasões do mar» e o recuo do mar se repetiram no espaço e no tempo.

Para estes factos ninguém ousará tentar uma explicação baseada no «efeito de estufa» antrópico e na retenção de sedimentos pelas barragens.

#### O ORDENAMENTO COSTEIRO SOBRE PALEOGEOFORMAS HOLOCÉNICAS

Não é possível deixar de considerar as *geoformas* (formas de terreno) como suporte de qualquer plano de ordenamento, assim como as consequências dos processos que as destroem ou mudam, quer de forma quer de posição. O ordenamento da zona costeira é, hoje, uma forte preocupação de políticos e gestores.

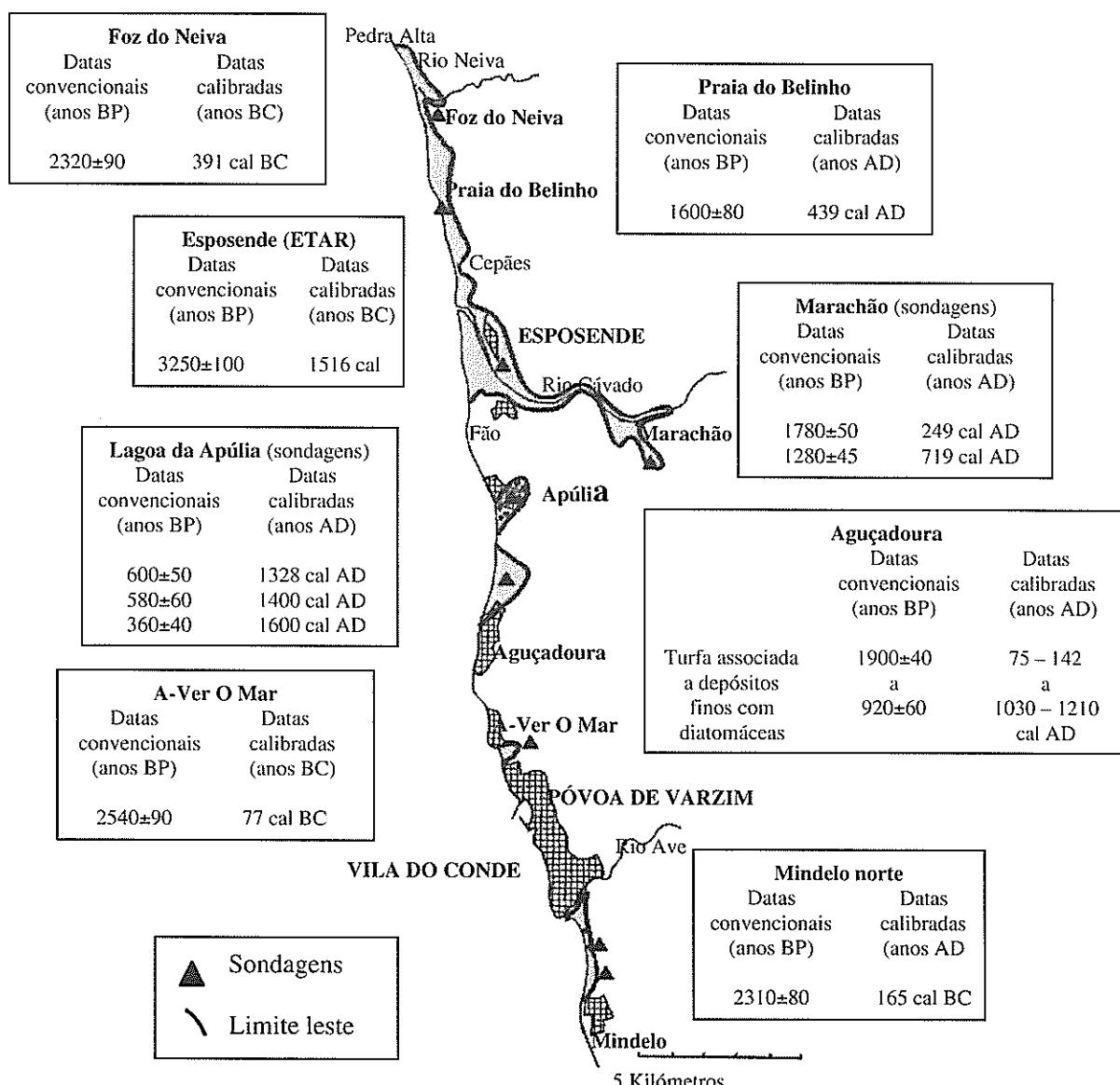


Fig. 1 – Os limites prováveis do paleoestuário do rio Câvado e do sistema lagunar holocénico, entre o rio Neiva (Esposende) e o rio Ave (Vila do Conde). O sistema lagunar, pantanoso, permaneceu no segmento costeiro desde antes de Cristo (1516 cal BC) até depois de Cristo (75 – 142 a 1030 – 1210 cal AD, isto é, desde o século I e II ao século XI – XIII).

Fig. 1 – Probable limits of the Câvado palaeo-estuary and Holocene lagoonal system, between the Neiva (Esposende) and the Ave (Vila do Conde) rivers. The swampy lagoonal system, has been present in the coastal segment from before (1516 cal BC) till after Christ (75 – 142 to 1030 – 1210 cal AD), i.e. from the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> centuries till the 11<sup>th</sup> – 13<sup>th</sup> centuries

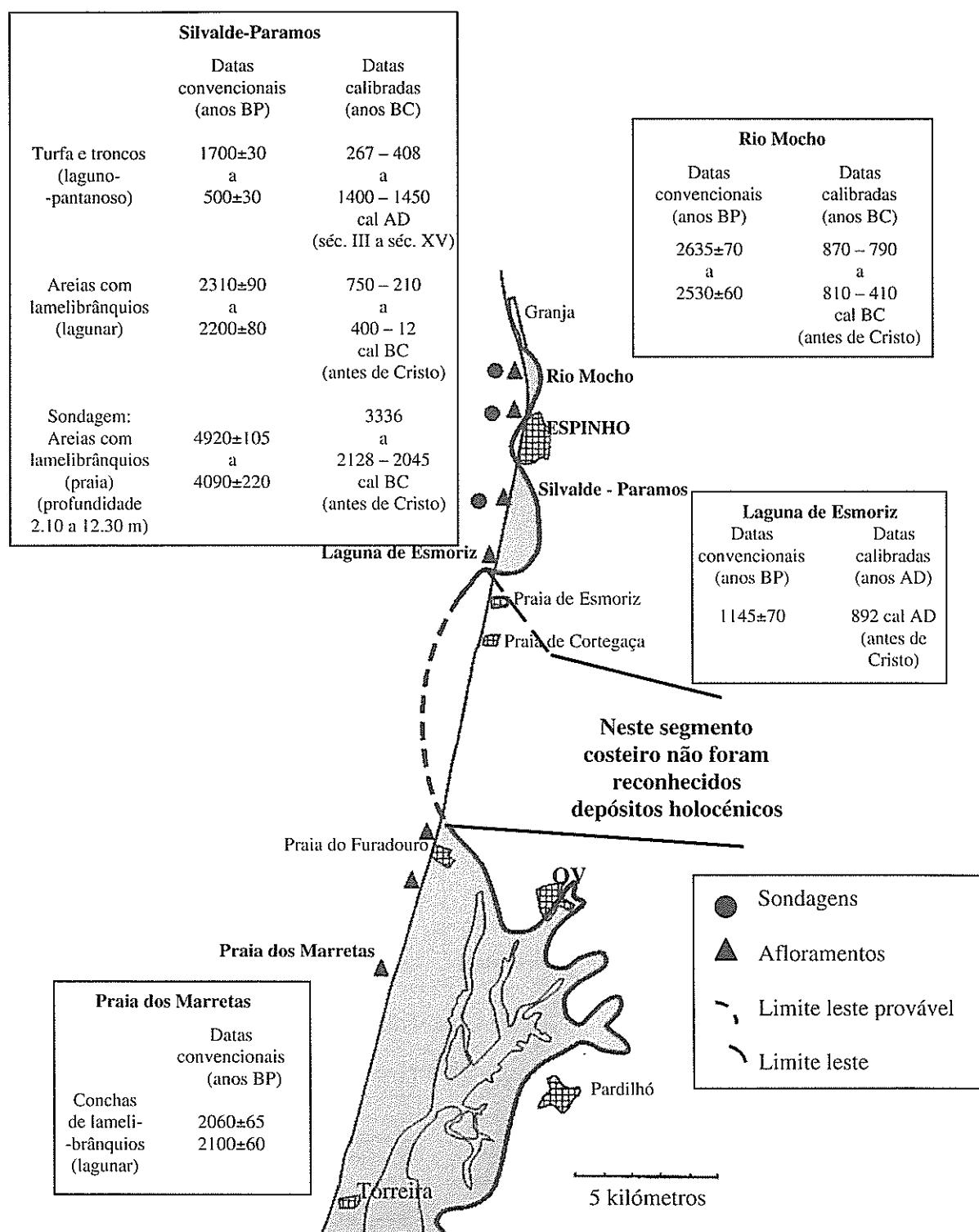


Fig. 2 – Limites prováveis do sistema lagunar holocénico na área entre Espinho e a Torreira, incluindo o braço de Ovar da laguna de Aveiro.

A comparação dos ambientes e das datações dos seus indicadores mostram a mudança de um ambiente de praia, antes de Cristo, para um ambiente lagunar salobro e pantanoso, antes e depois de Cristo; que se manteve depois de Cristo.

Fig. 2 – Probable limits of the Holocene lagoonal system in the area between Espinho and Torreira, including the Ovar channel in the Aveiro lagoon.

The comparison of environments and datings of indicators show the change from a beach environment to a brackish, swampy lagoonal environment that persisted till after Christ.

Considerem-se, como exemplo desta preocupação, os Planos de Ordenamento da Orla Costeira – POOCs.

A preocupação nasceu como consequência da deslocação, cada vez mais sensível, das populações do interior do País para a zona costeira. Criaram-se situações de *stress* na zona costeira, que consistem numa ocupação, cada vez mais densa e desorganizada, do sistema praia+duna, a qual promove a degradação deste «ambiente» e contribui para a sua poluição. O crescimento dos centros populacionais sobre as geoformas costeiras está a afectar uma qualidade de vida que se torna cada vez pior.

Nem sempre se pensa que o recurso natural, que o *stress* está a degradar, é a **paisagem costeira**, que inclui as praias, as dunas e os espaços que se encontram «antes» das dunas. Se as praias se podem considerar formas actuais, porque assistimos às suas transformações (migração para o interior, perda de areia, acreção temporária em áreas localizadas, etc.), o mesmo não se pode dizer das dunas e de outras formas na frente das quais se acumularam as areias.

As dunas, que hoje observamos na zona costeira do NO de Portugal, põem questões quanto à época em que foram geradas (paleogeofomas ou não) e quanto à possibilidade da sua reconstituição; são questões muito significativas para qualquer plano de ordenamento da zona costeira.

Com a questão da reconstituição dos sistemas dunares relacionam-se as notícias de que, ao sul da barra de Aveiro, se construiu uma «duna artificial» para deter a migração das praias. Foram construídos dois **diques** (e não dunas) com areia arrancada à praia, um dos quais construído nos primeiros meses de 1999, com um núcleo de pedra, que o mar galgou em toda a sua extensão, no princípio de 2001, pondo aquele a descoberto, ao mesmo tempo que as águas alcançaram a laguna de Aveiro. Apressadamente, construíram um novo dique «cripando» a areia da praia, o qual o mar galgou em vários pontos; um novo dique foi construído, com um comprimento superior a 1000 metros e uma altura de 5 – 6 metros, uma verdadeira «muralha» de areia.

Mais uma tentativa «falsa» para evitar que as águas do mar alcançassem a laguna, o que aconteceu no Inverno de 2001 (figs. 11, 12 e 13).

Note-se que as tentativas de reconstituição de dunas, na zona costeira do NO de Portugal, têm, na maior parte dos casos, sido fracassos pelos motivos seguintes: a migração das praias que destrói as estruturas montadas para retenção das areias transportadas pelo vento, tardivamente construídas, e o forte pisoteio da vegetação pelos utentes das praias.

O que se observa actualmente é a destruição completa da duna frontal por *galgamentos do mar* ou pelo *recoio da arriba* modelada na duna frontal, acompanhada, também, pela instalação de corredores eólicos

e dunas migrantes; a duna frontal fica reduzida a *montículos residuais (hummocky dunes)* (fig. 14), o que facilita a instalação de novos galgamentos. Exemplo: o segmento costeiro, a sul da Praia do Furadouro e até à Praia dos Marretas (fig. 14). Nestes casos, o mar atinge as dunas parabólicas situadas mais para o interior e, na sua base, deposita grandes quantidades de restos de árvores e outras plantas, com plásticos misturados (fig. 11).

Noutros casos, como a norte de Viana do Castelo, em muitos segmentos costeiros, as dunas quase que desapareceram e as praias passaram a ser constituídas por seixos, acumulados sobre afloramentos rochosos ou restos de depósitos quaternários (exceptua-se o Pinhal do Camarido, Caminha).

Outro exemplo, para mostrar quanto a paisagem costeira depende das suas geoformas, geradas no Passado, é o das dunas do segmento costeiro situado para sul da Praia de Mira, que inclui a Praia do Palheirão, a Praia da Tocha e a Costinha (ver quadro IV, V, VI e VII).

Neste segmento costeiro existe uma duna frontal, que tudo faz crer ser uma *duna de ripado*, construída pelas decisões que levaram à florestação dos espaços dunares entre 1926 e 1940, isto é, trata-se de uma duna com poucas dezenas de anos de idade (Pinho *et al.* 1998, Carvalho e Granja 2000 e Granja *et al.* 1999).

Na direcção do interior, a partir da duna frontal, observam-se dunas parabólicas que passam a dunas transversais, cujas cristas têm orientações sensivelmente E – O. Umas e outras não têm uma cronologia definida (por falta de datações por luminescência); apenas se sabe que o sistema de dunas transversais é mais antigo que o sistema de dunas parabólicas, sendo aquelas posteriores ao horizonte A<sub>1</sub> de um podzol fóssil datado de 4255±750 a 1650±160 anos BP (ver quadro IV).

O mesmo se verifica para norte da laguna de Aveiro onde os dois sistemas, *dunas parabólicas* e *dunas transversais*, são separadas pelo braço da laguna, designado por braço de Ovar. Todos os factos disponíveis levam a considerar que as dunas parabólicas se estenderam sobre depósitos lagunares holocênicos com conchas (as conchas colhidas a sul da Praia do Furadouro, na Praia dos Marretas, foram datadas de 3570±95 BP).

Os factos que referimos mostram que os *sistemas dunares são geoformas de cronologias diferentes*, isto é, geradas sob condicionalismos de ambientes que não são os de hoje; actualmente, a *dinâmica natural* da zona costeira vai-os destruindo lenta e, às vezes, aceleradamente.

Os planos de ordenamento deverão atender a esta realidade, que deve estar sempre presente nos momentos de decisão; escamotear a sua realidade é criar «ilusões» de que o engenho humano (por exemplo, a construção de estruturas de defesa; recorde-se o caso

QUADRO IV  
Cronologia das areias das dunas  
a norte do rio Cávado

TABLE IV  
Chronology of dune sands,  
north of Cávado river

FACTOS	FACTOS
1. Areias de dunas occultam necrópoles medievais dos séculos XI-XIV – Necrópole de Fão (BROCHADO et al., CUNHA, 1990/92, 1993).	Areias posteriores à utilização das necrópoles (1000 a 1300 cal AD = SÉCULOS XI A XIV)
2. Areias da duna frontal (foz do Neiva até à Praia do Belinho)	PEQUENA IDADE DO GELO (SÉCULOS XVI-XIX)  Luminiscência Datação calibrada (OSL 1995) $262 \pm 52$ ANOS $1731 \pm 52$ ANOS = SÉCULO XVIII
Sob as areias das dunas encontram-se areias com estruturas de areias de praia (não datadas ainda). Estas areias observam-se na base das arribas em recuo, desde a Praia do Rodanho (Viana do Castelo) até à Praia da Aguçadoura (Póvoa de Varzim).	
3. Areias superiores a depósitos lagunares com turfas datadas de $1900 \pm 40$ a $980 \pm 60$ BP (Formação da Aguçadoura).	<p><b>FORMAÇÃO DA AGUÇADOURA</b></p> <p>Datações convencionais (BP)</p> <p><math>1900 \pm 400</math> a <math>920 \pm 60</math></p> <p>Datações calibradas</p> <p><math>75-232</math> cal AD a <math>1010-1260</math> cal AD</p>
As areias dunares estão separadas das camadas lagunares por areias de praia bioturbadas (não datadas ainda).	

Nota: As datas determinadas pelo método do radiocarbono são referidas ao ano 1950 o que significa dizer que são anteriores aquele ano; o número de anos é seguido das letras BP (*before present*). São datas designadas por **datas convencionais**.

Para fazer equivaler as datas convencionais às do nosso calendário terão de ser calibradas por métodos de cálculo apropriados; as datas calibradas referem-se ao ano de nascimento de Cristo. Os anos são designados por **antes de Cristo** (BC = *before Christ*) ou **depois de Cristo** ou **ano do Senhor** (AD = *anno domini*, da nossa era); as datas calibradas são seguidas pela abreviatura cal (calendário).

dos «diques» do Areão) vai ser capaz de contrariar as consequências das mudanças que, naturalmente, o Globo está a suportar.

Os dados cronológicos de que dispomos (obtidos pelo método do radiocarbono e luminescência

OSL = *Optical Stimulated Luminescence*) encontram-se sintetizados nos Quadros III, IV e V, nos quais se indicam as datações de outras unidades holocênicas com as quais os sistemas dunares têm relações de posição.

QUADRO V

**Areias de dunas associadas a horizontes  
de um podzol fóssil a norte da laguna de Aveiro**

TABLE V

**Dune sands associated with horizons of a fossil  
podzol, north of Aveiro lagoon**

	RADIOCARBONO $^{14}\text{C}$		LUMINISCÊNCIA	
	Convencionais (BP)	Calibradas	OSL, 1995	Calibradas
<b>A NORTE DA LAGUNA DE AVEIRO</b>				
Formação da Praia de Cortegaça				
— Areias de dunas			133 ± 13	1862 ± 13 cal AD (século XIX)
— Areias de praia bioturbadas			406 ± 91	1589 ± 91 cal AD (século XVI)
— Horizonte A1 do podzol	1650 ± 160 <sup>a</sup> 3160 ± 90	415 cal AD 2885 cal BC		
— Areias «intertidais»				
Olho Marinho (Maceda, Ovar). O podzol desenvolveu-se sobre areias com estruturas eólicas			2592 ± 325	597 ± 325 cal AD (século VI)
Em Pardilhó (Murtosa) um podzol desenvolveu-se sobre areias de dunas				
Horizonte A1	4255 ± 75	2885 cal BC		
Areias de dunas			6457 ± 937	4460 ± 937 cal BC
<b>A SUL DA LAGUNA DE AVEIRO</b>				
Em Cantanhede (Senhora das Febres) um podzol desenvolveu-se sobre areias eólicas			6948 ± 846	4998 ± 846 cal BC

Os dados cronológicos apresentados mostram que as dunas fazem parte de sistemas gerados por uma dinâmica de um passado recente. Como *paleogeoformas*, estão a ser actualmente degradadas e destruídas por processos naturais, ligados à *migração das praias* (as arribas nelas modeladas recuam, os galgamentos pelo mar destroem-nas e movimentam areias para o interior). O pisoteio é o principal responsável pelos corredores eólicos e dunas migrantes (fig. 9).

Os galgamentos do mar observam-se, sobretudo, nas áreas da duna frontal fragilizadas pelas linhas de água que as atravessam. São exemplos destas situações os galgamentos da Praia do Belinho, da ribeira do Peralta (S. Bartolomeu do Mar) e da ribeira da Rama-lha (Apúlia), no concelho de Espinho.

Galgamentos do mar, cuja situação nada tem a ver com linhas de água, são os que se observam a sul da Praia do Furadouro (Ovar) e os que destruíram a duna frontal a sul da Costa Nova – Areão (Ilhavo).

Outros galgamentos aproveitam a destruição da duna frontal pela abertura de valas de drenagem de lagoas interiores, como no caso do galgamento situado a norte da Praia da Costinha (Quiaios), situado na parte terminal da vala da Levadia (drena a lagoa das Braças) e o situado na vala das Lagoas (a norte da Praia da Tocha) que parte da lagoa do Teixoeiro (Tocha). O crescimento e migração do último galgamento pode vir a criar problemas de «erosão» à Praia da Tocha.

QUADRO VI

**Cronologia dos sistemas dunares e das depressões interdunares com conchas de lamelibrânquios marinhos, entre a Praia da Torreira e a Praia da Tocha.**

TABLE VI

**Chronology of dune systems and interdune depressions with marine lamellibranch shells, between Torreira Beach and Tocha Beach**

SEGMENTO TORREIRA SUL	TIPOLOGIA DAS DUNAS	SEGMENTO TOCHA NORTE
	+ Duna embrionária	+
	+ Duna frontal (degrau de praia)	+
	<b>DUNAS INTERIORES</b>	
<p><b>1. DUNAS PARABÓLICAS</b> datadas de <math>1145 \pm 237</math> anos (OSL 1995) (d. calibrada <math>850 \pm 237</math> cal AD = século IX)</p> <p><b>2. DUNAS ORIENTADAS NNE-SSO e NE-SO</b> datadas de <math>620 \pm 128</math> anos (OSL 1995) (d. calibrada <math>1375 \pm 128</math> cal AD = século XIV)</p> <p><b>3. DEPRESSÕES INTERDUNARES</b> com areias de praia datadas de <math>1153 \pm 182</math> anos (OSL 1995) (d. calibrada <math>842 \pm 182</math> cal AD = século IX) associadas a conchas de lamelibrânquios datadas de <math>4130 \pm 115</math> a <math>895 \pm 75</math> anos BP (ver quadros VII)</p>	<p>As conchas de lamelibrânquios não podem servir para datar os depósitos que as contêm, são mais antigas do que as areias do depósito.</p> <p>Nas praias actuais encontram-se conchas com as mesmas idades das colhidas nas depressões interdunares (Quadro VII).</p>	<p><b>1. DUNAS PARABÓLICAS</b> passando a dunas orientadas E-O e ESE-ONO (não datadas ainda)</p> <p><b>2. DUNAS ORIENTADAS NNE-SSO</b> (não datadas)</p> <p><b>3. DEPRESSÕES INTERDUNARES</b> com areias de praia datadas de <math>1556 \pm 221</math> anos (OSL 1996) (d. calibrada <math>440 \pm 221</math> cal AD = século V) associadas a conchas de lamelibrânquios datadas de <math>2100 \pm 130</math> e <math>2770 \pm 60</math> anos BP</p>

## Conclusões

A análise dos indicadores de paleoambientes que se observam na zona costeira do NO de Portugal mostra que ocorreram várias transgressões e regressões do mar, separadas por intervalos de tempo variável; a dinâmica da migração das praias que então ocorreu, umas vezes no sentido do interior como actualmente, outras vezes no sentido oposto (programação das praias), repetiu-se no tempo, desde o Plistocénico ( $> 10\,000$  anos) até ao Holocénico ( $< 10\,000$  anos).

Nesses tempos, não existiam barragens, para serem

responsabilizadas pela migração e emagrecimento das praias.

Alterações climáticas ocorreram por **causas naturais** e não antrópicas; sempre existiram durante o desenrolar da história do Globo e não como uma exclusividade dos dias de hoje, *como toda a montagem mediática recente, em torno delas, procura fazer crer*.

A migração das praias deve ser considerada um fenômeno natural e indicador da mudança pela qual está a passar o Globo, não apenas provocada por **alterações climáticas naturais** (com algum reforço de natureza antrópica), mas, também, por mudanças da

QUADRO VII

**Cronologia das conchas de lamelibrânicos  
das depressões das dunas parabólicas  
e das praias actuais**

TABLE VII

**Chronology of lamellibranch shells  
from parabolic dune depressions  
and present beaches.**

**A NORTE DA LAGUNA DE AVEIRO**  
(a sul da Torreira)

DATAS CONVENCIONAIS  
(anos BP)

1810±80  
1430±80  
2895±120

DATAS CALIBRADAS  
(anos cal AD e BC)

215 cal AD  
619 cal AD  
764, 614, 606 cal BC

**A SUL DA LAGUNA DE AVEIRO**  
(Gafanha da Encarnação, Mira, Tocha, Quiaios)

2770±60  
2320±70  
4130±115  
1025±115  
1430±80  
2100±130  
2770±90  
895±75  
1885±80

405 cal BC  
76 cal AD  
2140 cal BC  
1526 cal AD  
808 cal AD  
341 cal AD  
405 cal BC  
1672 cal AD  
568, 574, 593 cal AD

**PRAIAS ACTUAIS**  
(a norte e sul da laguna de Aveiro)

3570±95  
2135±55  
2615±55  
2595±120

1436 cal BC  
258, 292, 321 cal AD  
358, 285, 254 cal BC  
351, 312, 206 cal BC

estrutura do Globo, sintetizadas na *teoria das placas tectónicas*; a deformação marginal dos continentes (cujos efeitos e significado são ainda mal conhecidos), situada na interface continente-oceano onde se situa a zona costeira, contribuiria para aquela migração.

Ao aceitar-se que a migração das praias resulta de uma dinâmica natural e global, ter-se-á de reconhecer a impotência humana na sua neutralização. O bom senso mostrará que se deverá aprender a viver com ela. Terá de ser um exemplo dessa atitude a elaboração de planos de ordenamento da zona costeira que se oponham à expansão dos centros populacionais, incluindo os de lazer e repouso, na direcção do mar ou ao

longo da faixa costeira (sistema praia+duna), mas que promovam o seu crescimento para o interior (opção da **retirada gradual e planeada**), seleccionando os segmentos costeiros cuja defesa se justifique.

O *emagrecimento* das acumulações das areias nas praias, que acompanha a sua *migração* para o interior, não pode ser exclusivamente atribuído às barragens (faltam mesmo provas para se aceitar tal posição, como já se referiu). É necessário procurar outras provas que justifiquem o emagrecimento das praias, independentemente da sua migração para o interior.

Temos apontado que uma das causas que teria contribuído para o emagrecimento das praias é o esgota-

mento das reservas em sedimentos detriticos, acumulados na plataforma continental quando da *última grande glaciação* (época regressiva do mar); a «floresta» com *Pinus silvestris*, com idade de  $29\,000 \pm 690$  a  $20\,700 \pm 300$  anos BP, observada no segmento costeiro da Praia de Esmoriz, é a prova da acumulação de depósitos continentais sobre a actual plataforma continental (Carvalho e Granja 1997). As transgressões e regressões que se lhe seguiram teriam seleccionado os sedimentos de tal modo que os mais finos (areias) teriam sido transportados e os mais grosseiros (seixos) teriam sido acumulados em determinadas áreas da plataforma; as areias teriam alimentado as praias durante milhares de anos e o seu esgotamento levou a que os seixos as substituissem nas praias, como está a acontecer actualmente nos segmentos costeiros entre o rio Neiva e o rio Cávado, no concelho de Espoende. Além da fonte de alimentação dos sedimentos das praias situada na plataforma continental, não se pode esquecer a alimentação proveniente da desagregação das formações geológicas que afloram nas arribas, na praia e na pré-praia.

Deve reconhecer-se que existem fortes lacunas na compreensão do que se passa na zona costeira pelo facto de ainda não ter sido possível clarificar a correlação entre a migração das praias e o seu emagrecimento, fenómenos que resultam de **processos naturais** com a *deformação marginal* dos continentes de natureza estrutural e tectónica, com o *climato-eustatismo* que inclui o *glacio-eustatismo*, cujos processos

sempre operaram no **Passado**, operam no **Presente** e vão continuar no **Futuro**.

Não se queira invalidar a complexidade da dinâmica da mudança do Globo, de que a *migração das praias* é um reflexo, com a comodidade do seu esquematismo, divulgando, para a zona costeira, modelos simplistas, apenas com dois responsáveis: as baragens e as alterações climáticas, responsabilizando por estas últimas exclusivamente o Homem.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLUNDELL, D. J. e SOOTTI, A. C., 1998, Lyell: The Past is the key of the Present. Geological Society, special publication 143, Londres, p. 376.
- CARVALHO, G. S., 1995, A história geológica da zona costeira de Espinho nos últimos 30 000 anos. *História Local de Espinho*. Câmara Municipal de Espinho, pp. 155-168.
- CARVALHO, G. S. e Granja H. M., 1997, Realismo e pragmatismo: uma necessidade para o aproveitamento dos recursos naturais da zona costeira (o exemplo da zona costeira do noroeste de Portugal. *Colectânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal*. Associação EUROCOAST-PORTUGAL, pp. 25-66, Porto.
- CARVALHO, G. S., 2001, Quaternário e Geologia do Quaternário. *Geonovas*, revista da Associação Portuguesa de Geólogos, 14:45-47, Lisboa.
- CARVALHO, G. S. e Granja H. M., 2000, Paleogeoformas como suporte da paisagem costeira actual. Parque Biológico de Gaia
- GRANJA, H. M. e CARVALHO, G. S., 1994, How can the Holocene help to understand coastal zone evolution? The example of the NW coastal zone of Portugal. *Proceedings of the Second*



Fig. 3 – Praia dos Marretas, a sul do Furadouro. Afloramento de depósito lagunar holocénico, datado de  $2060 \pm 65$  e  $2100 \pm 60$  anos BP, na faixa entre-marés. O afloramento manteve-se a descoberto temporariamente e situa-se em frente ao galgamento do mar referido na fig. 11. Data 9.2.2001

Fig. 3 – Marretas beach, south of Furadouro. Holocene lagoonal outcrop dated  $2060 \pm 65$  and  $2100 \pm 60$  yr. BP, in the intertidal zone. The deposit temporarily outcropped in front of the washover referred to in fig. 11. Photograph taken on 9-2-2001

- International Symposium, EUROCOAST-Littoral 94, September, 1:149-167, Lisboa. Ed. Associação EUROCOAST-PORTUGAL, Porto.
- GRANJA, H. M. 1999, Evidence for Late Pleistocene and Holocene sea-level, neotectonic and climate control in the coastal zone of northwest Portugal. *Geologie en Mijnbouw*, 77: 233-245.
- GRANJA, H. M., GOMES, P. T., CORREIA, A. M. C., LOUREIRO E. e CARVALHO, G. S., 2000, A estabilidade e instabilidade da faixa costeira (sistema praia+duna) revelada pelas mudanças nas geo-formas e a sua ligação às associações vegetais (a experiência na zona costeira do NO de Portugal). *Seminário «Perspectivas de Gestão Integrada de Ambientes Costeiros»*, Outubro de 2000, Coimbra. Associação EUROCOAST-PORTUGAL, Porto.
- LOUREIRO, E. e GRANJA, H. M., 2001, Short-term morphodynamics of a shingle beach (Espinho, Northwest Portugal). In *Ecology and Geomorphology of Coastal Shingle*. Packham, Raudal, Barns and Neal (eds.), 6: 143-159.
- PINHO, J. R., SANTOS, C., SARAIVA, I. E LERTE, A., 1998, Evolução do uso do solo nos sistemas dunares da costa de Aveiro. Uma breve síntese. *Seminário «Dunas da Zona Costeira de Portugal»*, Leiria, pp. 131-152. Associação EUROCOAST-PORTUGAL, Porto.



Fig. 4 – Praia dos Marretas, a sul do Furadouro. Pormenor do afloamento referido na fig. 3. Data 9.2.2001

Fig. 4 – Marretas Beach, south of Furadouro. Outcrop detail. Photograph taken on 9-2-2001



Fig. 5 – Barragem da Caniçada (vale do Cávado). As vertentes, na albufeira esvaziada da barragem. Data 4.8.1978

Fig. 5 – Caniçada dam (Cávado valley). The slopes of the empty reservoir of the dam. Photograph taken on 4-8-1978



Fig. 6 – Barragem da Venda Nova (Vieira do Minho) no rio Rabagão. Bandas de sedimentos grosseiros e de sedimentos finos com fendas de dissecação, na vertente da ribeira do Amiar, a montante da pousada do Morgado. Data 15.8.2001.

Fig. 6 – Venda Nova (Vieira do Minho) dam, in the Rabagão River. Layers of coarse and fine sediments with mud cracks, in the slope of the Amiar creek, upstream of the Morgado country-house hotel. Photograph taken on 15.8.2001



Fig. 7 – Barragem da Venda Nova (Vieira do Minho), a jusante da povoação. Antigo caminho, coberto pelos sedimentos finos do enchimento que apresentam fendas de dissecação. Data 9.8.2001

Fig. 7 – Venda Nova (Vieira do Minho) dam, downstream the village. Old path, covered by fine sediments with mud cracks from dam infill. Photograph taken on 9-8-2001

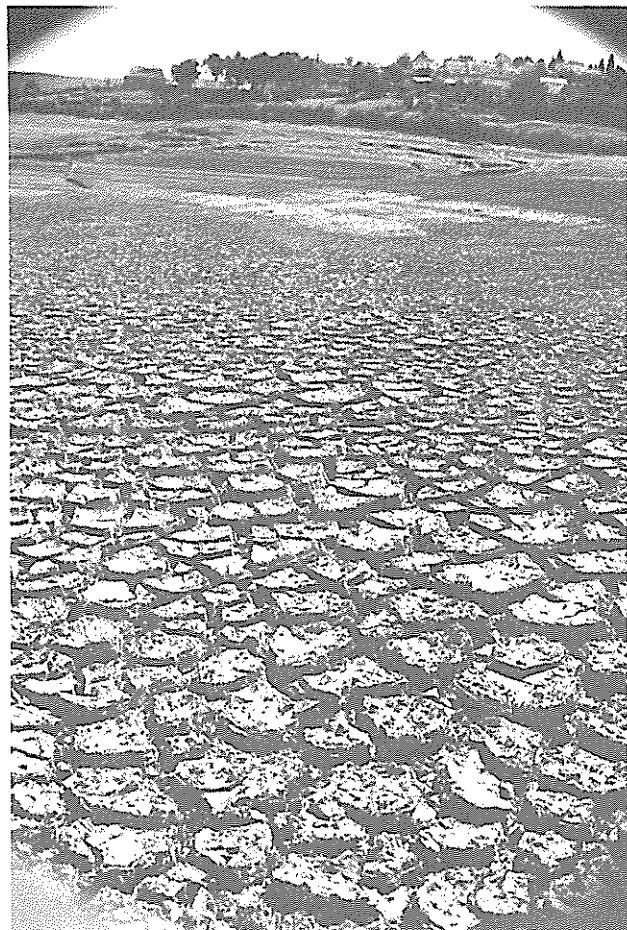


Fig. 8 – Barragem da Venda Nova (Vieira do Minho) no rio Rabagão. Fendas de dissecação dos sedimentos finos, na vertente a jusante da povoação de Venda Nova. Data 9.8.2001.

Fig. 8 – Venda Nova (Vieira do Minho) dam, in the Rabagão River. Mud cracks in fine sediments, in the slope downstream of Venda Nova. Photograph taken on 9.8.2001



Fig. 9 – Praia do Belinho (Esposende). No último plano, uma duna frontal (provavelmente medieval) a ser destruída pela migração da praia, cuja dinâmica modelou na duna uma arriba que recua aceleradamente. A areia da praia tem sido substituída, desde há anos, por cascalho. A sul da duna, um galgamento do mar contribui para a destruição do sistema dunar. Data 8.5.2001

Fig. 9 – Belinho Beach (Esposende). In the background, the fore-dune (probably medieval) is being destroyed by the beach migration. For years, pebbles have replaced now the sand of the beach. South of the dune, an overwash contributed to the destruction of the dune system. Photograph taken on 8.5.2001.



Fig. 10 – Porto da Vinha (norte da Areosa, Viana do Castelo). Praia de cascalho, zona da maré alta. No limite externo da faixa de cascalho, a área de afloramentos rochosos aumenta, de ano para ano, enquanto os seixos migram para o interior. Data 28.4.2001

Fig. 10 – Porto da Vinha (north of Areosa, Viana do Castelo). Pebble beach, high-tide zone. In the external limit of the pebble zone, the outcrop area increases each year, while pebbles migrate inland. Photograph taken on 28-4-2001



Fig. 11 – Praia dos Marretas, a sul do Furadouro. Um galgamento do mar destruiu totalmente a duna frontal e levou detritos a preencher uma depressão em frente a uma duna parabólica. No primeiro plano notam-se os pinheiros mortos que ocupavam a depressão. Data 18.7.2001

Fig. 11 – Marretas Beach, south of Furadouro. An overwash totally destroyed the foredune and infilled a depression in front of a parabolic dune. In the forefront, remains of pines that occupied the depression can be seen. Photograph taken on 18-7-2001



Fig. 12 – Praia do Belinho (Esposende). Estrutura para tentar neutralizar um galgamento do mar. A sua extremidade norte foi destruída quase totalmente durante os últimos tempos. A dinâmica do galgamento levou as águas do mar a invadirem os campos agrícolas. Data 8.5.2001

Fig. 12 – Belinho Beach (Esposende). Structure attempting to neutralise an overwash. The north end was almost totally destroyed during the most recent storms. The overwash dynamics allowed seawater to penetrate the agricultural fields. Photograph taken on 8-5-2001



Fig. 13 – Areão, a sul da Praia da Vagueira. Mais uma tentativa (uma «muralha» de areia=dique) para evitar que os galgamento do mar atinjam a laguna de Aveiro. Data 13.2.2001

Fig. 13 – Areão, south of Vagueira Beach. More one essay (a sandy big wall=dike) to avoid the overwash reach the Aveiro lagoon. Photograph taken on 13-2-2001



Fig. 14 – Praia do Furadouro (Ovar), a sul de uma estrutura de defesa «mergulhante», que acelerou o galgamento do mar sobre a duna frontal. Montículos residuais (*hummocky dunes*), restos da duna frontal destruída pelo vento, através de corredores eólicos (derivados do pisoteio) e por efeitos de galgamento do mar. Data 2.10.1999

Fig. 14 – Furadouro Beach (Ovar), south of a «dipping» defence structure, that increased overwashing of the foredune. Hummocky dunes, remains of the foredune destroyed by wind action, through aeolian corridors created by trampling, and the effects of overwashing. Photograph taken on 2-10-1999