

TERRAÇOS VERSUS LITOSTRATIGRAFIA E GEOCRONOLOGIA DO PLISTOCÉNICO E DO HOLOCÉNICO DA ZONA COSTEIRA DO MINHO (PORTUGAL)

G. SOARES DE CARVALHO & HELENA MARIA GRANJA*

"(...) mais je mets en garde contre les raisonnements altimétristes naïguère en honneur, et que les conceptions contemporaines, faisant état de l'hydro-isostasie, des déformations du géoïde et de la néotectonique ont tendu à battre en brèche. Dans le contexte actuel de pensée et des résultats, je ne crois pas qu'un âge puisse être présumé du fait d'une altitude, du moins en une gamme altimétrique de l'ordre de grandeur que l'on a ici".

(A. GUILCHER, 1982)

Resumo

Na zona costeira norte de Portugal (entre o rio Minho e o cabo Mondego) tem-se procedido a investigações acerca das suas formações plistocénicas e holocénicas, cujos resultados se tentam aplicar no estudo da sua evolução geomorfológica nos últimos milhares de anos.

Comparam-se resultados obtidos por uma metodologia que conduz à definição de vários terraços considerados marinhos, aos quais são atribuídas cotas supostamente significativas na sua caracterização, com os resultados baseados em princípios e regras da litostratigrafia, controlados por datações absolutas (métodos do radiocarbono e da luminescência - OSL).

Através da última metodologia referida, foi possível estabelecer uma sucessão litostratigráfica, a evolução dos palcoambientes durante os últimos milhares de anos e a intervenção da neotectónica nessa mesma evolução, a partir da interpretação de cortes geológicos, de sondagens e dos resultados preliminares obtidos pela aplicação de prospecção geofísica.

Palavras-chave: Terraços, litostratigrafia e geocronologia do Pleistocénico, litoral do Minho.

Abstract

Terraces versus lithostratigraphy and geochronology of the Pleistocene and Holocene of Minho coastal zone- Research on the Pleistocene and Holocene formations of the Northwest coastal zone of Portugal (between the Minho river and the Mondego cape) have been carried out since 1986, and their results applied to the understanding of its geomorphological evolution during the last thousand years. The present dynamics of inland beach migration and cliff retreat are related to this, and transform the coastal zone in a risk area for the riverain population.

This paper is concerned with the coastal zone of Minho, for which two Pleistocene-Holocene completely different evolutive models were proposed (GRANJA, 1990; TEXIER & MEIRELES, 1989; BATISTA, 1991; MEIRELES & TEXIER, 1994; MEIRELES, 1994).

The 1990 model (GRANJA, 1990), improved and extended South till the Mondego cape during the following years (GRANJA, 1991, 1993; GRANJA & CARVALHO, 1992, 1993, 1995; GRANJA & DE GROOT, 1996; GRANJA *et al.* 1992, 1995, 1996; CARVALHO & GRANJA, 1991; CARVALHO *et al.*, 1995), is based on lithostratigraphy and geochronometry (datings by radiocarbon and OSL); the second model (TEXIER & MEIRELES, 1991; BATISTA, 1991; MEIRELES & TEXIER, 1994; MEIRELES, 1994) is based on the description of 10 "staircase" marine terraces, characterised by the height of their tops. This last model, besides reviving the anachronistic altimetric criteria, tries to relate the terraces with the stages of the oceanic oxygen isotopes stratigraphic sequence, without a sound foundation of chronologic data.

For several reasons, the authors of this paper consider the 10 staircase marine terraces model without fundament. Among others, we consider that the existence of Pleistocene and Holocene poligenic platforms, the youngest (top of deposits at 4 to 6 m above sea level) associated with Holocene lagoonal beds (dated 1900 ± 40 to 360 ± 50 yr BP), demonstrates the impossibility of its attribution to TM10, at 3-5 m (BATISTA, 1991), contemporaneous of isotopic interstade 5e, with an age of 117-130 Ka (MANGERUD, 1991), 115-130 Ka (ANDERSEN & BURNS, 1994), or 118-128 Ka (GAMBLE, 1996).

The comparison between both models' interpretations of the data related to the Pleistocene and Holocene deposits of the coastal zone of Minho, leads to the following conclusions:

- It is unacceptable to correlate terraces (i.e. geoforms) by interpolating distant the heights of their tops. Acceptable is to correlate stratigraphically their deposits or, indirectly, the forms that are associated with them, when the geochronology (or chronostratigraphy) of the deposits has been established.

- It is unacceptable to correlate the Pleistocene and Holocene deposits of the Minho coastal zone with the oceanic oxygen isotopes stratigraphic scale through altimetric speculations, without stratigraphic and chronologic foundation.

- the number of terraces in the 10 staircase marine terraces model is considered as unrealistic.

A model with only two poligenic platforms, with deposits chronologically dated (dune systems and associated Pleistocene continental deposits are not considered), is proposed instead:

- Low platform (2-10 m high), with two superposed sub-units:

- Sub-unit 2, with lagoonal deposits (including peats and diatoms living in fresh water lagoons, periodically flooded with salt water) and dated 1900 ± 40 to 360 ± 50 yr BP. These deposits are described in the Aguçadoura tijuca Formation lithostratigraphic unit (GRANJA, 1990; GRANJA & CARVALHO, 1993, 1994, 1995; GRANJA *et al.*, 1996).

- Sub-unit 1, with marine deposits, described in the Cepães Formation (GRANJA, 1990), and dated 36470 ± 3815 and 26283 ± 3212 , OSL-1995.

- High platform, with heights, from West to East, passing gradually from 20 to 55 m, and limited on the east side by an old cliff. In this platform are present the Pinhote Conglomerate and the Gatínheira-Góis Sands

North of the Lima river, any deposit similar to the Aguçadoura tijuca Formation, has not yet been recognised. In cores, fine silty sands associated with a coarse (fluvial) deposit were found and dated 13860 ± 440 yr BP. This seems to indicate that the evolution in the sector North of Lima river was different, at least during the Holocene.

- The *10 staircase marine terraces* model, has no interest for the forecasting of the geomorphological evolution of the Minho coastal zone, as it minimalizes the neotectonic role in that evolution; it formulates the factual interpretation using the anachronistic altimetric concept, and it uses an unfounded stratigraphic correlation with the oceanic oxygen isotope scale, without pointing out any chronologic data.

Key-words: Terraces, Pleistocene lithostratigraphy and geochronology, northern portuguese littoral.

1. INTRODUÇÃO

A crítica ao *critério altimétrico*, aplicado na definição da génese de depósitos quaternários e como metodologia para resolver os seus problemas de correlação estratigráfica (CARVALHO, 1981, 1988), parecia ter levado a maioria dos investigadores nacionais quaternaristas a considerar tal metodologia cientificamente incorrecta e inútil para a concretização dos objectivos fundamentais das investigações sobre o Quaternário de Portugal. Porém, recentemente, o *critério altimétrico* parece ter *ressuscitado*, através da suposta existência de *dez níveis de terraços marinhos escalonados*, na zona costeira do Minho (Fig.1) (TEXIER & MEIRELES, 1989; BATISTA, 1991; MEIRELES & TEXIER, 1994; MEIRELES, 1994).

Parece-nos oportuno confrontar com aquela recente proposta altimétrica, os resultados que temos obtido, recentemente, com a aplicação da metodologia que, desde há anos, defendemos, baseada nos princípios da Estratigrafia, Sedimentologia e Cronologia das formas de terreno (geoformas), fixadas a partir da génese e cronologia das formações sedimentares que lhes estão associadas (CARVALHO, 1953, 1975, 1981, 1993; CARVALHO *et al.* 1975, 1995; GRANJA, 1990, 1991, 1993; GRANJA & CARVALHO, 1991, 1992, 1993, 1995; GRANJA *et al.*, 1992, 1995, 1996; GRANJA & DE GROOT, 1996).

2. DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Para melhor esclarecimento dos nossos pontos de vista, que se opõem aos dos autores acima referidos (TEXIER & MEIRELES, 1989; BATISTA, 1991; MEIRELES & TEXIER, 1994; MEIRELES, 1994), convém apresentar algumas definições e conceitos que orientam a nossa investigação e são fundamento das nossas conclusões (comparar as Figs. 2, 3 e 4 e ver Quadro I).

2.1 Terraços e plataformas

Terraços e plataformas são termos meramente descritivos, usados para formas de terreno (geoformas) aparentemente planas (embora, em pormenor, não o sejam), poligénicas ou não, uma vez que constituem o somatório de respostas a processos morfogenéticos e sedimentogenéticos, associados a paleoclimas, que se sucederam no tempo.

Numerosas discussões sobre a aplicação destes termos têm ocorrido desde a publicação dos relatórios da Comissão para o Estudo dos Terraços Pliocénicos e Plistocénicos (1948) e da Comissão para o Estudo dos Terraços e Superfícies de Aplanamento (1952), da União Geográfica Internacional.

Utilizaremos o termo terraço para uma superfície plana, correspondente ao topo de de uma qualquer acumulação de sedimentos, qualquer que seja a sua génese (pode incluir uma camada ou o conjunto de camadas mais recentes de uma determinada sequência estratigráfica) e o de plataforma para uma superfície aparentemente plana desprovida de depósitos (plataforma de erosão ou plataforma de abrasão) ou associada a depósitos de génese e cronologia diferentes, de extensão limitada, os quais podem definir uma sequência estratigráfica (plataforma de acumulação). Sempre que os depósitos não estiverem associados a uma superfície plana serão considerados, simplesmente, de aflorentos de formações sedimentares. É o caso das formações de Laúndos e das Antas (GRANJA, 1990), as quais serão referidas neste trabalho (Quadro I).

O conceito de plataforma litoral, denunciante de uma plataforma de abrasão situada a cota superior à do actual nível do mar (MOREIRA, 1984), ou os de *wave-cut platform* ou *wave-built terrace* (SCHWARTZ, 1982) não podem ser aplicados à zona costeira do Minho, uma vez que a superfície, aparentemente plana, que acompanha, do lado oriental, a faixa de praias e arribas actuais é constituída por várias

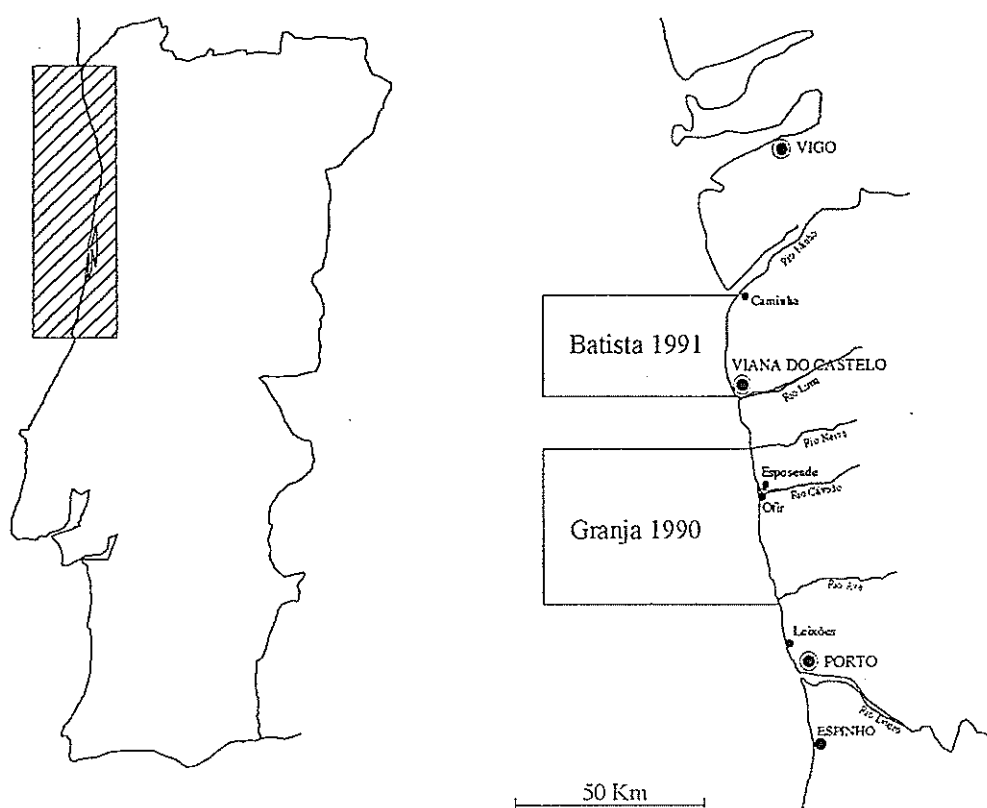


Figura 1 – Localização dos segmentos costeiros nos quais foram criados os modelos evolutivos da zona costeira do Minho durante o Plistocénico e o Holocénico (GRANJA, 1990 e BATISTA, 1991).

Fig. 1 – Location of the coastal segments where the Pleistocene and Holocene evolutive models of the Minho coastal zone were created (GRANJA, 1990 and BATISTA, 1991).

superfícies com depósitos sedimentares de génese e cronologia diferentes, nem sempre de origem marinha (GRANJA, 1990; ARAÚJO, 1991).

A utilização da expressão zona costeira poderá constituir uma alternativa à designação de plataforma litoral, desde que seja fixado um limite interior, como, por exemplo, aquele que delimita a área onde se conservam vestígios das flutuações do nível do mar durante o Quaternário recente (Global Change, report 25, 1993, p. 9).

2.2 Unidades litostratigráficas e geocronologia

Nas investigações que desenvolvemos consideramos as unidades litostratigráficas como base da Estratigrafia plistocénica-holocénica da zona costeira do noroeste de Portugal, na qual se inclui a zona costeira do Minho; a interpretação da evolução geomorfológica costeira ficará a elas subordinada.

A individualização das unidades litostratigráficas obedece aos critérios de *A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology and Procedure* (HEDBERG, 1994). A hierarquia convencional das unidades litostratigráficas será a do mesmo guia, com

algumas limitações, devido ao facto do estado actual de conhecimento da nossa investigação não permitir ainda a sua aplicação integral.

Dos termos grupo (*group*), formação (*formation*), membro (*member*) e camada (*bed*) apenas utilizaremos o termo formação, cuja designação obedece às regras do referido guia e o termo camada, o qual consideraremos, por enquanto, como uma sub-divisão da formação, sem lhe atribuir qualquer designação. Associaremos cada camada ou conjunto de camadas a uma idade geocronológica sempre que dispusermos de uma datação obtida pelo método do radiocarbono ou pela *OSL* (*optically stimulated luminescence*).

As datações pelo método do radiocarbono serão convencionais (BP ou Ka BP, quando superiores a 1 000 anos) (SMART & FRANCES, 1991; LOWE, 1994; TAYLOR *et al.* 1992; GRANJA *et al.*, 1996). As datações por *OSL* (*Optically stimulated luminescence*) são referidas aos anos em que foram obtidas (1995 e 1996), de acordo com a metodologia utilizada por ROMOLA PARISH, no Laboratório de Geografia da Universidade de Sussex, Reino Unido (*in* GRANJA *et al.* 1996).

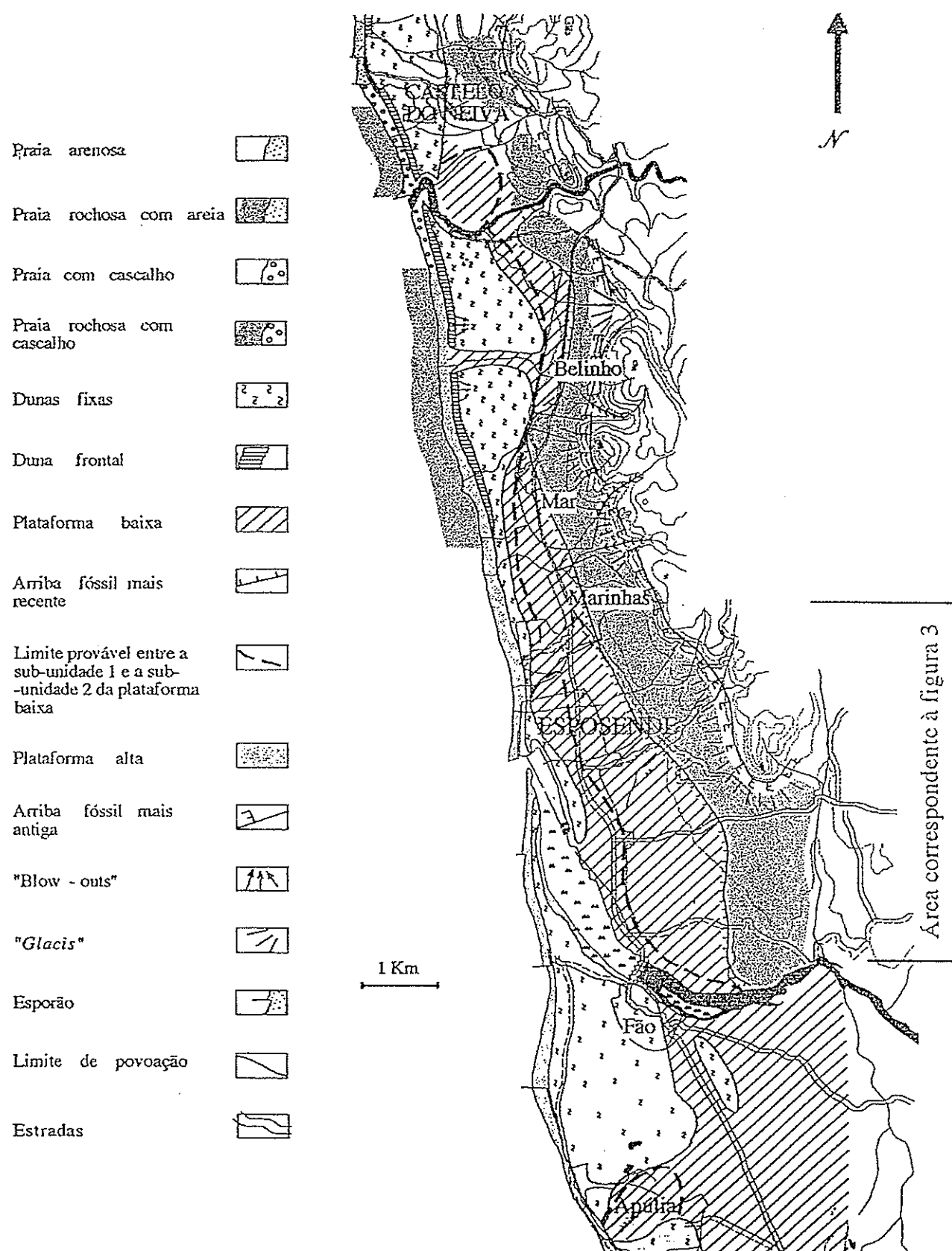


Fig. 2 – Carta geomorfológica do segmento costeiro entre os rios Neiva e Cávado (segundo o modelo evolutivo de GRANJA, 1990).

Fig. 2 – Geomorphological map of the coastal segment between the Neiva and Cávado rivers (according to the evolutive model of GRANJA, 1990).

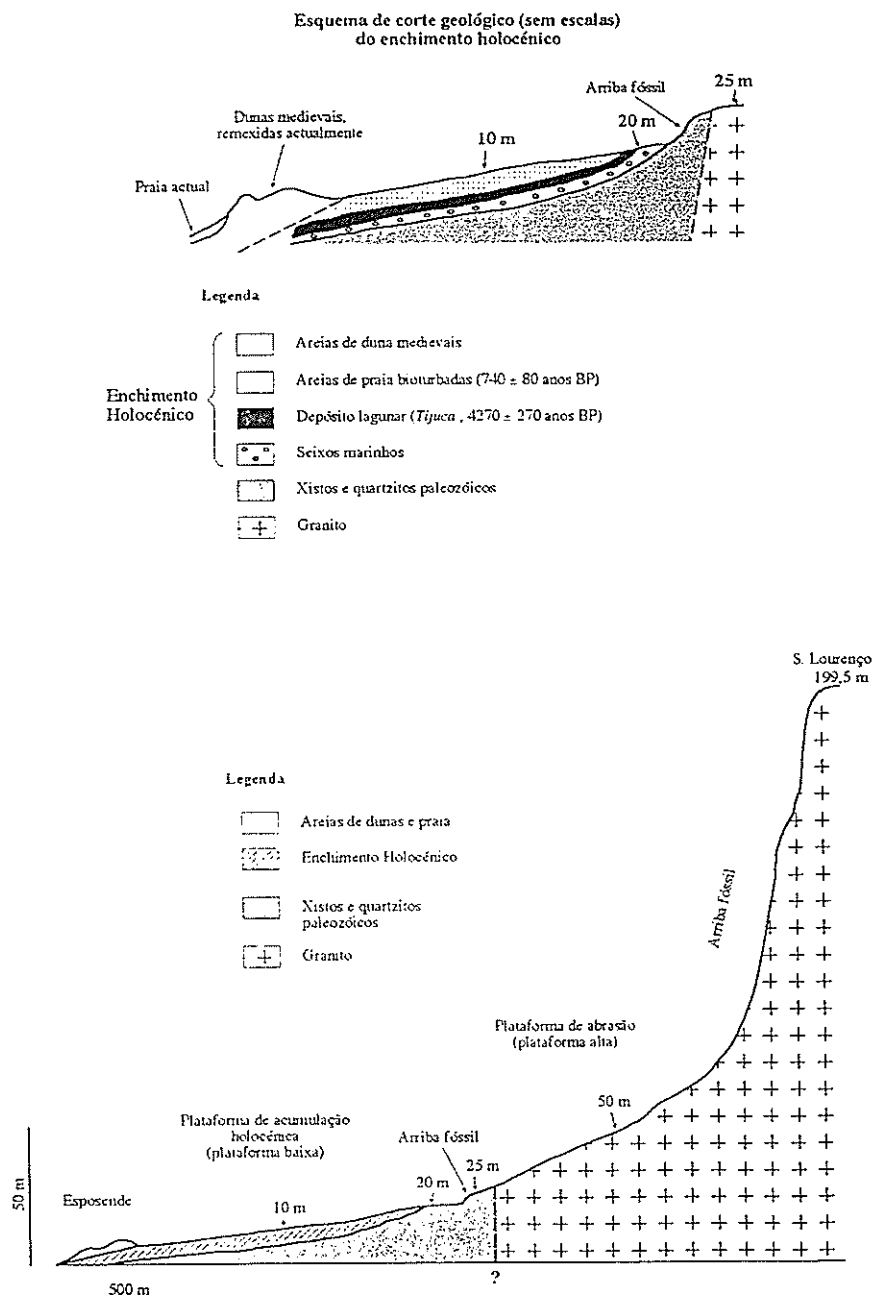


Fig. 3 – Cortes geológicos esquemáticos do segmento costeiro referido na fig. 2, entre o Monte de São Lourenço e Esposende.

Fig. 3 – Schematical cross-sections of the coastal segment mentioned on fig. 2, between Monte de São Lourenço and Esposende.

2.3 A génese e a cronologia das geoformas

O fundamento da nossa investigação reside no facto de considerarmos a génese, a cronologia, a estabilidade e a degradação das geoformas como ponto de partida da aplicação prática do conceito de evolução geomorfológica.

A génese e a cronologia das geoformas costeiras será revelada pelas formações sedimentares a elas associadas. As geoformas podem ser poligénicas, quando tenham sido modeladas por processos originados em diferentes paleoambientes (e diferentes paleoclimas), que se sucederam ao longo do tempo.

A compreensão da geoforma costeira, como resposta aos processos que intervieram no passado e actualmente (petrologia das rochas do substrato e sua deformação tectónica, processos sedimentogénicos, paleoclimáticos, neotectónicos e antrópicos) constitui o objectivo fundamental das nossas investigações; as suas interferências com o desenvolvimento e qualidade de vida das populações costeiras completam esse objectivo.

3. ANÁLISE COMPARATIVA DE DOIS MODELOS (GRANJA, 1990 e BATISTA, 1991)

3.1 Insuficiências de terminologia e interpretação sedimentogénica no modelo de 1991 (BATISTA, 1991)

Limitaremos as nossas considerações apenas a algumas referências, as quais se apresentam bastante insuficientes sob os pontos de vista estratigráfico e sedimentogénico.

3.1.1 Insuficiência de aplicação da terminologia estratigráfica

Algumas aplicações inapropriadas da terminologia estratigráfica, fora das regras consagradas (Hedberg 1994) encontram-se na caracterização do modelo de 1991 (BATISTA, 1991, TEXIER & MEIRELES, 1994). Citar-se-ão apenas algumas, tais como:

- a utilização da expressão *série* litostratigráfica (TEXIER & MEIRELES, 1994, p. 396), quando essa palavra se utiliza para designar uma unidade cronostratigráfica (HEDBERG, 1994, p. 79);

- a consideração de terraço (o qual é uma geoforma) como unidade litostratigráfica (BATISTA, 1991, p. 260 e 606), quando esta é *a body of rocks that is defined and recognized on the basis of its observable and distinctive lithologic properties or combination of lithologic properties and its stratigraphic relation* (HEDBERG, 1994, p. 31);

- a pretensão, ainda que *a mero título de hipótese de trabalho (...) adoptar (...) para o Quaternário um novo quadro de referência cronostratigráfica*

(BATISTA, 1991, p. 49), quando, em todo o seu trabalho não aparece qualquer referência a unidades cronostratigráficas, tais como eonotema, eratema, sistema, série, andar e sub-andar (HEDBERG, 1994, p.79), nem, tão pouco, se nota a preocupação de aplicar correctamente os conceitos de cronostratigrafia que *deals with the relative time relations and ages of rock bodies* (HEDBERG, 1994, p. 77), para o que deve ter contribuído a frustração do autor *face à impossibilidade de (...) proceder à definição de um quadro cronostratigráfico absoluto assente na obtenção de datações numéricas (...)* (BATISTA, 1991, p. 230).

3.1.2 Insuficiências nas suas interpretações sedimentogénicas

Entre as diversas insuficiências de natureza sedimentológica podem considerar-se:

- A confusão entre morfoscopia (aspecto da superfície dos grãos dos sedimentos) e morfometria (quantificação da forma dos seixos ou grãos de sedimentos, por exemplo, através dos índices morfométricos de CAILLEUX (CAILLEUX & TRICART, 1959) (BATISTA, 1991, quadro VII, p. 217).

- A caracterização subjectiva da forma dos grãos de areia, utilizando termos como arredondado, anguloso, sub-anguloso, etc., sem o recurso a técnicas para quantificar a forma dos grãos (CAILLEUX & TRICART, 1959; POWELL, 1953; SHEPARD & YOUNG, 1961; CARVALHO, 1966; CARVER, 1970; LEWIS & MCCONCHIE, 1994 a e b), as quais ignora completamente; quando se utilizam apenas designações qualitativas, sem uma quantificação das formas dos grãos e sua correlação com depósitos de génese conhecida, não é viável qualquer interpretação sedimentogénica.

- A atribuição das inflexões das curvas de frequência dimensionais à flocculação durante as operações analíticas (BATISTA, 1991, notas infrapaginais das p. 89, 95 e 117), o que revela desconhecimento quanto à precaução tomada para controle da flocculação, através do uso do hexametáfosfato de sódio (utilizado na rotina do laboratório de Sedimentologia da Universidade do Minho); se esta se verificar no intervalo de 24 horas, o técnico de laboratório, que executou as análises dimensionais, repeli-las-á, se necessário utilizando outra técnica de desfloculação.

- A aplicação de critérios dimensionais com vista a interpretações sedimentogénicas ultrapassadas ou abandonadas, como o índice heterométrico (CAILLEUX, 1947) e o coeficiente de Trask (TRASK, 1938), sem ter o cuidado de os comparar com os obtidos por outros autores, os quais, nos anos 50-60, os aplicaram com frequência (CAILLEUX & TRICART, 1959). A aplicação daqueles parâmetros estatísticos, para diagnosticar a sedimentogénese de formações detríticas, foi completamente ultrapassada pelos esta

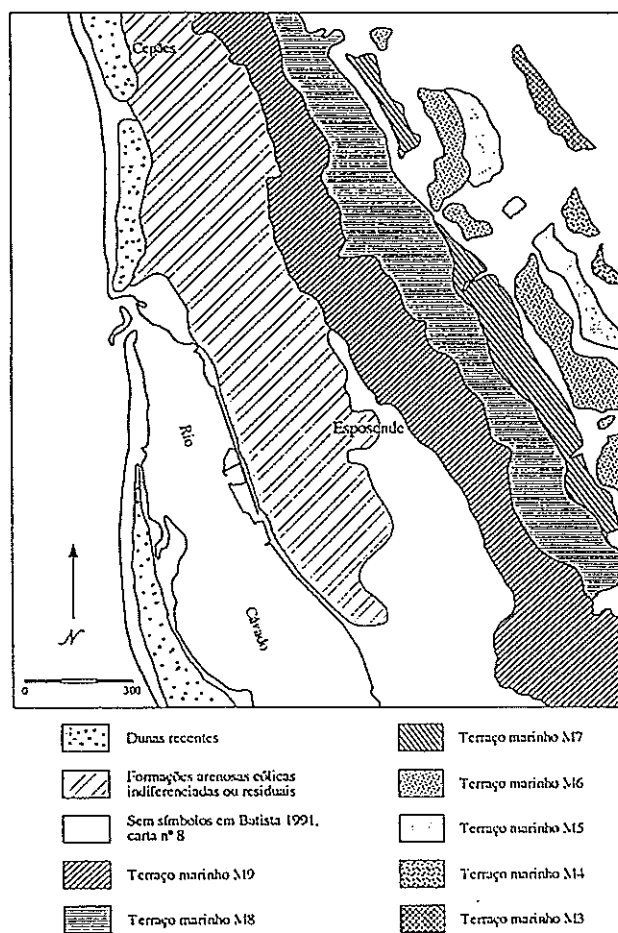


Fig. 4 – Carta dos terraços marinhos da zona costeira entre Cepães e o rio Cávado (Esposende), segundo o modelo de BATISTA (1991) (adaptada das cartas nº8 e nº9 que acompanham o trabalho de BATISTA, 1991). Comentário: as considerações apresentadas no texto levam a considerar este modelo de cartografia de *terraços* irreal e insustentável.

Fig. 4 – Map concerning the marine terraces of the coastal zone between Cepães and Cávado river (Esposende), according to BATISTA model (1991) (adapted from the maps 8 and 9, that are annexed to the BATISTA, 1991 work). Comment: the considerations present on the text led to consider this terrace cartography model unreal and unsustainable.

tísticos dimensionais de Folk-Ward e, mais recentemente, pelo método dos momentos (FRIEDMAN, 1961, 1967; FRIEDMAN & SANDERS, 1978; CARVER, 1971; LEWIS & MCCONCHIE, 1994a, b; CARVALHO, 1983-85; GRANJA, 1990).

Os autores (BATISTA, 1991; MEIRELES & TEXIER, 1994; MEIRELES, 1994) ignoram esta nova metodologia de tratamento da informação sedimentológica e as possibilidades de análise da polimodalidade das distribuições de frequência dimensionais (VISHER, 1969), dos diagramas de Passega (PASSEGA, 1964, 1977) e dos diagramas de Friedman (FRIEDMAN, 1979).

Este desconhecimento, aliado ao facto de não compararem os seus dados sedimentológicos com os de outros autores, torna pouco convincente a sua categórica afirmação de que os seus 10 *terraços* são marinhos e suscita dúvidas quanto à atribuição de uma origem lagunar ao depósito que designam pela letra *l* (BATISTA, 1991, p. 131, 203, 241; TEXIER &

MEIRELES, 1991, p. 125; MEIRELES & TEXIER, 1994, p. 400; MEIRELES, 1994, p. 19).

Convém referir que o depósito *l* não apresenta qualquer semelhança com a Formação com *tijuca* da Aguçadoura, cujas camadas lagunares estão datadas de $1\ 900 \pm 40$ a 360 ± 50 anos BP (GRANJA, 1990, 1993; GRANJA & CARVALHO, 1992, 1993; GRANJA & CARVALHO, 1995; GRANJA *et al.*, 1996).

3.1.3 Comentários à tentativa de revalidar o *critério altimétrico*

A aplicação do *critério altimétrico* tem sido por nós considerada como uma atitude errada no estudo das geoformas costeiras, não só porque o seu fundamento constitui um erro científico (uma vez que ignora as consequências da neotectónica), mas também, por não oferecer qualquer aplicação prática no que respeita a evolução geomorfológica costeira e suas implicações no desenvolvimento e bem-estar das

TERRAÇOS MARINHOS ESCALONADOS (BATISTA 1991, MEIRELES 1994, MEIRELES E TEXIER 1994)			LITOSTRATIGRAFIA E CRONOLOGIA DAS FORMAÇÕES PLISTOCÊNICAS E HOLOCÊNICAS DE PLATAFORMAS POLIGÊNICAS (GRANJA 1990, GRANJA E CARVALHO 1992, 1993, 1995, GRANJA <i>et al</i> 1996)					UNIDADES CRONOSTRATIGRÁFICAS	
TERRAÇOS	COTAS (metros)	ESTÁDIO ISOTÓPICO	CRONOLOGIA	GEOFORMAS	COTAS (metros)	LITOSTRATIGRAFIA	GÊNESE	DATAÇÕES CONVENCIONAIS ¹⁴ C BP	LUMINIS- CÊNCIA (OSL – 1995)
TM-10	3-5	5c (último interglacial)	117-130Ka (MANGERUD 1991) ou 118-128Ka (GAMBLE 1996)	PLATAFORMA BAIXA – Sub Unidade 2	2-6	FORMAÇÃO COM “TIJUCA” DA AGUÇADOURA	Camadas lagunares sobre Áreas aquáticas	1900±40 a 360±50	—
TM-9	8-14	9b (penúltimo interglacial)	347-251Ka (GAMBLE 1996) ou 300-250Ka (LAUTRIDOU <i>et al</i> 1992)	– Sub Unidade 1	10-14	– FORMAÇÃO DE CEPÊS – DEPOSITO DA GUILHETA – Áreas superiores – Áreas inferiores	Marinha } Marinha	— — —	— 2477±531 37470±5217 26283±3212 35470±3815
TM-8 TM-7 TM-6 TM-5 TM-4	18-22 25-26 31-36 41-45 48-54			PLATAFORMA ALTA	20-55	CONGLOMERADO DO PINHOTE E AREIAS DA GATINHEIRA – GOIS	} Marinha	—	—
TM-3	63-67								
TM-2	80-88			Afloramento	±100	FORMAÇÃO DAS ANTAS – Depósitos finos superiores – Áreas inferiores	Lagunar ou lacustre Aquática	— —	— 117513±26367
TM-1	100-140			Afloramento	±125	FORMAÇÃO DE LAUNDOS	Marinha	—	—

Excluem-se da comparação as formações de origem continental designadas por Formação areno-limosa do litoral (GRANJA 1990) e por coluviões e formação lagunar “1” (BATISTA 1991), por não se dispôr de informação cronológica que se lhe refiram.

Quadro 1 – Comparação dos modelos evolutivos da zona costeira do Minho.
Table 1 – Comparison of the evolutive models of the Minho coastal zone

populações ribeirinhas.

Um de nós definiu esta posição em trabalhos anteriores (CARVALHO, 1981, 1988), a qual tem vindo a ser reforçada pela identificação de diversos indicadores de neotectónica (GRANJA, 1990; GRANJA & CARVALHO, 1994; GRANJA & DE GROOT, 1996; CABRAL & RIBEIRO, 1989; CABRAL, 1993) e pelo reconhecimento de que as formações sedimentares associadas às geoformas costeiras são geneticamente diversas (lagunares, marinhas, fluviais, eólicas, etc.). O autor (BATISTA, 1991), após tomar uma posição contrária à *geologia do altímetro*, referindo-se aos supostos níveis de terraços da zona costeira do Minho como um *constante bailado de designativos, algarismos, letras e outras formas de representação escrita que, ora são introduzidas ou abandonadas* (BATISTA, 1991, p. 48), nada mais fez, afinal, que aumentar o número de imaginários *terraços marinhos*, os quais passaram de 6-8 níveis para 10 (BATISTA, 1991, p. 61, 211).

A posição daquele autor é muito diferente da nossa e tal facto resulta da metodologia por nós aplicada, através da qual não se demonstra a existência daquele número de *terraços escalonados* nem, tão pouco, a origem exclusivamente marinha dos seus depósitos e a sua idade plistocénica. Ao modelo dos *10 terraços marinhos escalonados* para a zona costeira do Minho, contrapomos um modelo de duas plataformas poligénicas, com depósitos datados cronologicamente, resumidamente caracterizados do seguinte modo (não são considerados os depósitos plistocénicos de origem continental nem os sistemas dunares associados às plataformas) (Quadro I):

2. Plataforma baixa, com cotas de 2 a 10 m, apresentando duas sub-unidades:

2.2 Sub-unidade 2, com depósitos lagunares ricos em diatomáceas (que viveram em lagunas de água doce, periodicamente recebendo água salgada), datados de $1\ 900 \pm 40$ a 360 ± 50 anos BP (GRANJA 1990; GRANJA & CARVALHO 1993); os depósitos estão incluídos na unidade litostratigráfica designada de Formação com tijuca da Aguçadoura (GRANJA & CARVALHO, 1993, 1994, 1995; GRANJA *et al.*, 1996).

2.1 Sub-unidade 1, com depósitos marinhos designados de Formação de Cepães, datados de $36\ 470 \pm 3\ 815$ e $26\ 283 \pm 3\ 815$ anos, OSL-1995.

1. Plataforma alta, com cotas que passam gradualmente, de oeste para este, de 20 para 55 m. Os depósitos desta plataforma constituem o Conglomerado do Pinhote e as Areias da Gatinheira-Góis, os quais não se encontram ainda datados (GRANJA, 1990). A oriente, uma arriba, cuja posição foi imposta por falhas, está associada à plataforma; uma falha põe em contacto a Formação das Antas (datada de $117\ 513 \pm 26\ 367$ anos, OSL-1995) com granito esmagado e injectado por sedimentos finos, areno-limosos de uma das camadas, ainda não datada, daquela Formação. A

deformação tectónica sugere que a Formação das Antas é anterior à génese da plataforma.

3.1.4 Comentários às propostas cronológicas

Numerosos comentários se poderiam apresentar às propostas cronológicas dos autores atrás referidos (TEXIER & MEIRELES, 1991; BATISTA, 1991; MEIRELES, 1994; MEIRELES & TEXIER, 1994); contudo, apenas consideraremos aqueles que, de acordo com os nossos pontos de vista, se consideram insustentáveis.

- Não aplicabilidade da cronologia pelos isótopos de oxigénio (OIS, Oxygen Isotopes Stages, Van Andel *et al.* 1996)

O autor (BATISTA, 1991, p. 64) propõe a *definição do quadro geocronológico regional e a realização, a título de hipótese, de um ensaio de datação, ainda que parcial, desse mesmo quadro, através da sua correlação com a escala cronostratigráfica de referência definida pelos estádios isotópicos marinhos, baseada na relação dos isótopos de oxigénio ($^{18}O/^{16}O$)*.

A cronologia pelos isótopos de oxigénio foi estabelecida pelo estudo dos testemunhos de sondagens realizadas nos fundos oceânicos e utiliza a composição isotópica do oxigénio dos foraminíferos, os quais registam nas suas carapaças a temperatura da superfície das águas dos oceanos (LAUTRIDOU *et al.* 1992; ANDERSEN & BURNS, 1994).

O controle cronológico das variações da composição isotópica e do seu significado paleoclimático (variações climáticas correspondentes às glaciações e aos interglaciares quaternários) foi feito através de datações pelo ^{14}C e por magnetoestratigrafia (MANGERUD, 1994; ANDERSEN & BURNS, 1994; GAMBLE, 1996). Cada estádio (*stage*) da escala corresponde a um intervalo de tempo, cujos limites são expressos em Ka (=1 000 anos).

A pretensão do autor (BATISTA, 1991, p. 64 e 606) em aplicar os OIS aos sedimentos dos seus *terraços marinhos*, mesmo que estes existissem, é inviável, uma vez que o autor não apresenta qualquer datação absoluta (^{14}C , termoluminescência, magnetoestratigrafia) que justifique uma correlação com a escala cronostratigráfica dos fundos oceânicos. Daqui decorre que as suas propostas estratigráficas e paleoclimáticas não têm fundamento, como, aliás, se provará a seguir.

Em primeiro lugar, convirá esclarecer o que se entende por *Eemiano*, uma vez que o autor se refere a esta unidade (BATISTA, 1991, p. 229). O *Eemiano* é uma unidade cronostratigráfica cujo estratótipo se encontra ao longo do rio Eem, próximo da cidade de Amersfoort (Holanda) (MANGERUD, 1994, p. 41). O estratótipo compreende uma sequência com um depósito lacustre na base, sobreposto por um depósito atribuído ao máximo da transgressão eemiana, por sua vez sobreposto por depósitos lacustres, acumulados

quando de uma regressão marinha (MANGERUD, 1991, p. 41-42; MANGERUD *et al.*, 1979). O Eemiano, como entidade cronostratigráfica, corresponde a um interglacial e pode correlacionar-se com o subestádio 5e da escala isotópica do oxigénio; os seus limites cronológicos são 117-130 Ka (MANGERUD, 1991; TURON, 1984) ou 115-130 Ka (ANDERSEN & BURNS, 1994) ou 118-128 Ka (GAMBLE, 1996).

A proposta de atribuir o seu terraço marinho TM-10 (cotas 3-5 m), mesmo se este existisse, ao estágio isotópico 5e (correspondente ao Eemiano - último interglacial) é insustentável, porque (ver Quadro I):

- Equivale a aplicar, de novo, o *critério altimétrico* para efeitos de correlação estratigráfica.

- Não apresenta qualquer datação absoluta que permita estabelecer a correlação do TM-10 quer com o subestádio 5e quer com qualquer outro dos estádios dos OIS.

- Ao procurar estender o seu modelo para o sector costeiro situado a sul do rio Neiva, onde tinha sido proposto um modelo de evolução plistocénica-holocénica (GRANJA, 1990), não se apercebeu (ou não quis compreender porque tal não convinha ao seu modelo dos *10 terraços marinhos*) que a área com cotas próximas do seu TM-10 (3-5 m) conserva depósitos holocénicos (GRANJA, 1990, p. 226 e Quadro XV, p. 315), incluídos na sub-unidade 2 da plataforma baixa, os quais constituem a Formação com *tijuca* da Aguçadoura, datada de $1\ 900 \pm 40$ a 360 ± 50 anos BP (GRANJA, 1990, 1993). Este facto torna inaceitável a sua proposta de correlação, dado que os depósitos que corresponderiam ao seu TM-10, caso este fosse uma realidade, são holocénicos (Quadro I).

A aplicação da curva referente aos estádios dos isótopos de oxigénio (OIS, *Oxygen Isotope Stage*, VAN ANDEL *et al.*, 1996), principalmente quando se pretende atribuir um determinado depósito a um clima frio (glacial ou estadal) ou a um clima quente (interglacial ou interestadial), pressupõe a existência de informações cronológicas. A fim de melhor esclarecer a nossa posição quanto à aplicação dessa curva, apresentamos, como exemplo, unidades litostratigráficas plistocénicas e holocénicas dos segmentos costeiros entre o rio Neiva (Esposende) e a praia do Furadouro (Ovar) (Fig. 5).

O número ainda limitado de datações que dispomos para as unidades plistocénicas e o facto de ainda se não possuírem informações cronológicas que permitam qualquer correlação com os estádios 4, 5a, 5b, 5c e 5d, leva-nos a pensar que apenas através da metodologia que temos desenvolvido se poderá fundamentar o julgamento acerca da validade do exemplo que apresentamos.

- BATISTA (BATISTA, 1991, p. 229), para justificar a atribuição do terraço TM-10 ao último interglacial (sub-estádio isotópico 5e), refere-se a vários autores, nos quais fundamenta as seguintes afirmações:

- (...) aliás, um dos factos mais firmemente estabelecidos da investigação no domínio do Quaternário das zonas litorais da fachada atlântica, sendo inclusivamente *curioso* (o sublinhado é nosso) constatar a existência duma relativa similitude de comportamento destas regiões perante tal fenómeno (BATISTA, 1991, p. 229).

- E a considerar o modelo das plataformas poligénicas (GRANJA, 1990) (...) em oposição à totalidade dos resultados e conhecimentos actualmente disponíveis para a fachada atlântica europeia, nomeadamente em relação a regiões como a Galiza, Astúrias, Bretanha e Normandia (...) (BATISTA, 1991, p. 265).

Como a nossa posição é de considerar que as cotas dos terraços não podem servir para estabelecer correlação a longa distância nem correlacionar formações, existentes sobre os continentes, com a cronologia dos isótopos de oxigénio, fixada para os sedimentos dos fundos oceânicos, sem se dispôr de apoio cronológico, procuramos analisar a objectividade daquelas afirmações, o *curioso constatar*, além da afirmação de que se verifica a *presença de um nível marinho datado* (o sublinhado é nosso) *deste período que constitui praticamente uma constante* (...); supomos que se refere ao último interglacial (sub-estádio isotópico 5e).

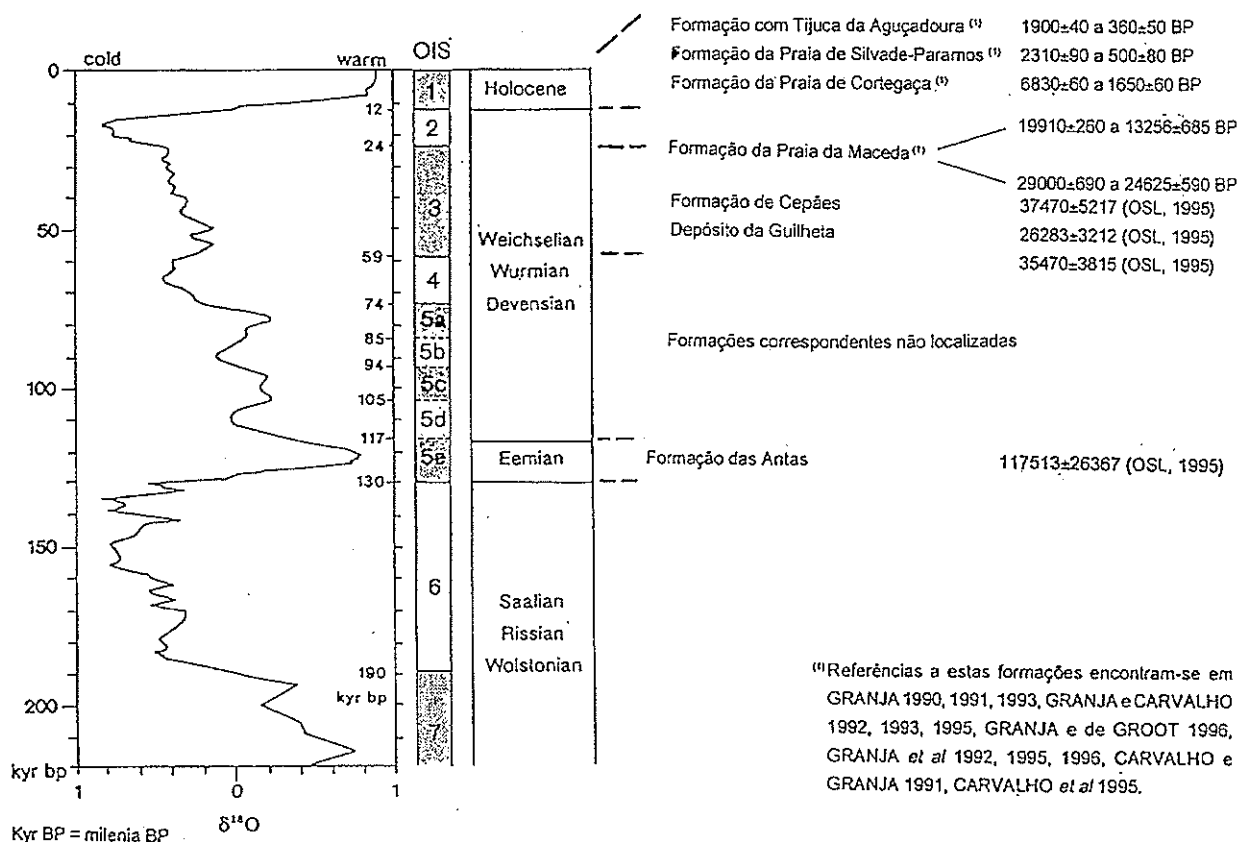
A análise dos artigos, nos quais BATISTA (BATISTA, 1991, p. 29; MEIRELES & TEXIER, 1994, p. 401) alicerça a existência de um nível marinho *datado*, como uma *constante* na fachada atlântica europeia, suscita-nos os seguintes comentários:

- MARY (1985, 1986) reconhece, na zona costeira das Astúrias e Galiza, três níveis de origem marinha, um dos quais de 5-6 m, coberto por formações continentais que a palinologia atribui ao último período de clima frio, razão porque considera esse nível como sendo, provavelmente, do último interglacial (Eemiano); no entanto, não apresenta qualquer prova cronológica, apesar da existência de lamelibrânquios a ele associados, os quais vivem actualmente nas águas das Astúrias.

- HALLEGOUET, MONNIER & MORZADEE-KERFORN (1980) referem níveis de depósitos litorais de 2-3 m e superiores a 6 m, não datados cronologicamente; referem termos como Cromeriano, Holsteiniense, Eemiano e Flandriano sem qualquer ligação cronológica.

- GOMEZ (1989) assinala nas Astúrias vários níveis marinhos, entre os quais um nível de 5-6 m e outro de 2-2.5 m, atribuídos ao último interglacial e um nível de 1.5m, atribuído ao Holocénico, mas sem argumentação cronológica.

- LAUTRIDOU *et al.* (1986) referem-se à correlação das formações continentais de França, particularmente as sequências dos depósitos de *loess*, com as dos litorais e as reveladas pelas sondagens no fundo dos oceanos, baseados em dados litostratigráficos, paleontológicos e cronológicos, incluindo datações



elucidativos e ao diatomito da Aguçadoura como uma probabilidade ... de existir! Certamente que o autor não compreendeu a aplicação dos conceitos estratigráficos e sedimentológicos que conduziram à criação daquelas unidades litostratigráficas nem reparou no Quadro VIII, p. 308, no qual estão assinaladas as espécies identificadas das diatomáceas do diatomito e no Quadro XV, p. 315, com datações pelo método do radiocarbono, no qual camadas lagunares observadas entre os rios Cávado e Ave estão datadas de $3\,250 \pm 100$ a $1\,040 \pm 140$ anos BP, ou seja, são holocénicas (GRANJA, 1990).

Note-se que, para o norte do rio Lima, sector costeiro onde foi criado o modelo dos *10 terraços marinhos* (BATISTA, 1991), investigações em curso permitiram já reconhecer uma plataforma alta (cotas próximas de 20-55 m) limitada a este por uma escarpa de orientações N-S, NNO-SSE, NE-SO, que terá funcionado como arriba e uma plataforma baixa (cotas próximas de 2-14 m). Sondagens já realizadas nesta plataforma atravessaram espessuras da ordem de 2m de areias finas, limosas, mal calibradas; contudo, não permitiram localizar depósitos holocénicos lagunares semelhantes aos da Formação com *tijuca* da Aguçadoura.

A plataforma baixa está coberta de depósitos muito finos que, na área de Afife, estão associados a areias grosseiras mal calibradas (fluviais), as quais contêm muitos fragmentos de carvão (datados de $13\,860 \pm 440$ anos BP (GX-22214). Os depósitos finos estendem-se até às praias actuais, onde afloram como consequência da actual migração das praias para o interior.

Estes depósitos correspondem aos *depósitos 1* (considerados, por BATISTA, de origem lagunar), atribuídos a uma fase de inter-estádio da última glaciação (sub-estádios 5c ou 5a) (BATISTA, 1991, p. 241 a 244). Se os limites cronológicos dos sub-estádios 5c e 5a são de 105-74 Ka (MANGERUD, 1991, p. 43) e os depósitos finos são posteriores a depósitos grosseiros datados do Plistocénico final ($13\,860 \pm 440$ yr BP), que pensar perante a proposta cronológica de BATISTA?

Os depósitos de Afife têm semelhanças com as camadas da Formação areno-limosa do litoral (GRANJA, 1990, p. 83) e com os coluviões referidos por BATISTA (BATISTA, 1991, p. 606), podendo, pela sua datação, correlacionarem-se com unidades do corte de Mougás (Pontevedra, Galiza).

O corte de Mougás, referido pela primeira vez por NONN (NONN, 1966), inclui, no topo, depósitos datados de 11 650 anos e, na parte média, depósitos datados de $18\,200 \pm 900$ anos BP; esta última datação foi confirmada por BROSCH, o qual obteve uma datação de $18\,030 \pm 160$ anos BP; quanto à primeira datação, ela é considerada uma estimativa cronológica de NONN (RAMIL REGO & ORELLANA, 1996, p. 50). Camadas superiores do corte foram datadas de 9

800 ± 70 e $5\,530 \pm 60$ anos BP (CASAIS *et al.*, 1996; RAMIL REGO & ORELLANA, 1996).

Estes factos (datações do corte de Afife e de Mougás) implicam a necessidade de se reverem as propostas cronológicas dos *coluviões* referidos por BATISTA, o qual os considera mais antigos, isto é, anteriores ao último interglaciar - estágio isotópico 6 (isto é, datação maior que 128 ka, GAMBLE, 1996) e outros, mais recentes, gerados durante a última fase glacial (BATISTA, 1991, p. 261 e 606). As datações dos depósitos de Afife e de Mougás tornam inaceitáveis as propostas de BATISTA para os coluviões que refere.

No mesmo sector e no bordo ocidental de uma plataforma alta (cotas de 10 a 20 m, aproximadamente), a cerca de 500 m a SO do farol de Montedor, imediatamente a sul da ronca, pode observar-se uma sequência de depósitos muito finos, sobrepostos por areias de origem aquática, os quais são ricos em fragmentos de carvão, datados de $> 42\,370$ anos BP (GX-20761). Estes depósitos correspondem à *jazida* de Montedor (*locus 2*), descrita por BATISTA (BATISTA, 1991, p. 194 e Estampa XVIII, do volume II - estampas). As datações disponíveis apenas mostram que os referidos depósitos se acumularam, pelo menos, durante o Plistocénico.

No estado actual de conhecimentos, a correlação entre as plataformas localizadas a norte e a sul do estuário do rio Lima não é possível, uma vez que, a norte daquele rio, a sub-unidade 2 da plataforma baixa, onde se localizam as camadas lagunares, holocénicas, da Formação com *tijuca* da Aguçadoura, não foi ainda reconhecida, o que invalida o ensaio nesse sentido de BATISTA (BATISTA, 1991, p. 264).

Estes factos, juntamente com os descritos por BATISTA (BATISTA, 1991, estampa VIII b, perfil geológico global da *jazida* de Montedor (*locus 1*), volume II - estampas), referentes à sobreposição de *formações marinhas* por *coluviões*, contribuem para mostrar que, no actual estado de conhecimentos, a plataforma alta de Montedor é resultado de uma evolução diferente da ocorrida a sul do rio Neiva.

3.1.5 Comentários sobre o papel da neotectónica

É evidente que, para o autor de um modelo de *10 terraços marinhos escalonados* na zona costeira do Minho convirá ignorar a existência de indicadores de neotectónica, quando se procede a ensaios de correlação estratigráfica (BATISTA, 1991, p. 266). Minimizar o seu significado é fundamental para dar pseudo-credibilidade a um modelo evolutivo, como o de BATISTA, baseado fundamentalmente em especulações altimétricas e totalmente desprovido de datações cronológicas de depósitos detríticos, associados às geoformas.

Porém, as provas de deformação neotectónica na interface continente-oceano são cada vez mais evi-

dentes. Na zona costeira do noroeste de Portugal, a qual inclui a zona costeira do Minho, além das já mencionadas em trabalhos anteriores (GRANJA, 1990, 1991; GRANJA & CARVALHO, 1994, 1995; GRANJA *et al.*, 1992; GRANJA & DE GROOT, 1996; CARVALHO *et al.*, 1995), podem referir-se:

- a zona de cisalhamento no granito, correspondente à arriba que delimita a plataforma alta (PEREIRA *et al.*, 1989);

- as falhas pós-depósitos fluviais do vale do Cávado (terraço de 13 m), datados de $1\ 140 \pm 45$ a $1\ 010 \pm 80$ anos BP (CARVALHO, 1989);

- factos inéditos, tais como a falha que intersecta uma camada datada de $1\ 900 \pm 40$ anos BP da Formação com *tijuca* da Aguçadoura; uma falha pondo em contacto a camada lagunar de $6\ 830 \pm 60$ e $5\ 500 \pm 160$ anos BP da Formação da Praia de Cortegaça com a uma camada lagunar de $14\ 720 \pm 220$ anos BP da Formação da Praia da Maceda (segmento costeiro situado a sul de Espinho); a realização de prospecção geofísica, controlada por sondagens, confirma, para sul de Espinho, a deformação tectónica plistocénica e holocénica (investigações em curso).

Incompreensível seria que as manifestações de neotectónica, cada vez mais evidentes no território de Portugal (CABRAL & RIBEIRO, 1989, 1990; CABRAL, 1993) não se verificassem na zona costeira do Minho. Como se se pudesse travar o *levantamento resultante da deformação produzida pelas tensões compressivas geradas pela interação das placas litosféricas* (CABRAL, 1993, p. 389)!

4. CONCLUSÕES

O confronto (Figs. 2, 3 e 4 e Quadro I) entre as interpretações de factos relativos à ocorrência de depósitos do Plistocénico e Holocénico da zona costeira do Minho, uma segundo uma metodologia que procura fazer reviver o critério altimétrico na determinação da génese e correlação estratigráfica (TEXIER & MEIRELES, 1991; BATISTA, 1991; MEIRELES, 1994; MEIRELES & TEXIER, 1994), sem ter em atenção informações cronológicas e outra de acordo com uma metodologia baseada nos princípios da Estratigrafia (litostratigrafia e geocronometria) (GRANJA, 1990, 1991, 1993; GRANJA & CARVALHO, 1992, 1993, 1995; GRANJA *et al.*, 1992, 1995, 1996; CARVALHO & GRANJA, 1991; CARVALHO *et al.*, 1995), leva às seguintes conclusões:

- É inaceitável a correlação de terraços (geoformas), afastados uns dos outros, com recurso às cotas dos seus topos; o que é aceitável é correlacionar estratigráficamente os seus depósitos ou, indirectamente, as formas com eles associadas, desde que para aqueles seja convenientemente estabelecida a sua geocronologia (ou cronostratigrafia). É inaceitável correlacionar os depósitos plistocénicos e holocénicos

da zona costeira do Minho com a escala de isótopos de oxigénio do fundo dos oceanos, a partir de especulações altimétricas sem fundamento estratigráfico e cronológico.

- Não se reconhece interesse no modelo de *10 terraços marinhos*, número considerado irreal; contrapõe-se o modelo de duas plataformas poligénicas, com depósitos datados cronologicamente, desde o Plistocénico-Holocénico até à actualidade. No estado actual de conhecimentos, ter-se-á de aceitar que a evolução do sector a norte do rio Lima, pelo menos durante o Holocénico, foi diferente da do sector meridional.

- O modelo irreal de *10 terraços marinhos* (TEXIER & MEIRELES, 1991; BATISTA, 1991; MEIRELES, 1994; MEIRELES & TEXIER, 1994) não tem utilidade para o prognóstico da evolução geomorfológica da zona costeira do Minho, porque pretende escamotear o papel da neotectónica naquela evolução, baseando a sua interpretação no anacrónico *critério altimétrico* e tentando uma não fundamentada correlação estratigráfica com a escala de isótopos de oxigénio, estabelecida para os fundos marinhos, sem recorrer a quaisquer informações cronológicas.

Como conclusão final referiremos:

- A sucessão de paleoambientes do Quaternário, que, cada um, em cada país ou região, tem apresentado, não é imutável perante o progresso de conhecimentos e perante novas metodologias analíticas, e nem sempre é aplicável noutras áreas.

- O confronto entre modelos de evolução geomorfológica é uma necessidade que a aplicação prática das investigações exige; os modelos evolutivos serão sempre incompletos e de validade temporária, pelo que constituem o móbil de novas observações para os aperfeiçoar e substituir por outros.

- A correlação entre acontecimentos ocorridos em paleoambientes plistocénicos e holocénicos e geoformas que sejam resposta aos processos que nelas intervieram, só será possível com o recurso à informação cronostratigráfica e geocronológica dos depósitos que testemunham esses acontecimentos; *terraços*, caracterizados segundo o anacrónico *critério altimétrico*, não têm qualquer significado, porque os seus depósitos podem ter sido acumulados em diferentes ambientes e terem sofrido deformação neotectónica, o que invalida completamente a aplicação do *critério*.

- Para modificar ou aperfeiçoar um modelo evolutivo exige-se a aplicação de critérios não ultrapassados; voltar a aplicar a cota do topo de geoformas (caso dos terraços) como fundamento de correlação estratigráfica é um retrocesso, que significa ignorar as capacidades da Estratigrafia, Sedimentologia e Geocronometria.

- Não se podem subestimar as dificuldades de observação e obtenção de datações (bons cortes no terreno que permitam estabelecer sequências estratigráficas, sondagens estratigráficas, custos de datações,

etc.), as quais nem sempre facilitam a aplicação das metodologias que determinam aquelas capacidades.

- No que se refere à zona costeira, o progresso das investigações do Quaternário, com vista à sua aplicação prática (conservação da Natureza, defesa costeira, ordenamento, aproveitamento de recursos naturais, etc.), faz-se mediante a utilização de novas metodologias e não com o intuito de construir meras especulações académicas, de reduzido interesse para as populações ribeirinhas. O objectivo prático será compreender a evolução geomorfológica da zona costeira e os riscos que dela advêm para as populações que aí residem. O mérito das investigações do Quaternário, tendo em vista estes objectivos, surgirá mais cedo ou mais tarde, se quem a elas proceder tiver a capacidade de vencer aquelas dificuldades.

Braga, Novembro de 1996

AGRADECIMENTOS

As investigações que temos efectuado sobre as formações plistocénicas e holocénicas da zona costeira do noroeste de Portugal têm sido possíveis com o apoio de instituições como a Secretaria de Estado do Ambiente e Recursos Naturais, Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica (Projecto *Análise da Evolução Geomorfológica do Litoral do Minho*, 1986-89) e da Comissão das Comunidades Europeias (Projectos *Avaliação da Vulnerabilidade da Capacidade de Recepção das Águas Costeiras de Portugal*, 1995-1996 e *Climate Change and Coastal Evolution in Europe*, 1994-96).

No decurso do nosso trabalho de investigação, tem sido preciosa a colaboração de colegas e de alguns técnicos e alunos da Universidade do Minho, entre os quais destacamos: eng. A. Quadros Silva, dr. Thomas de Groot (Geological Survey of The Netherlands), dr. Brochado de Almeida (Faculdade de Letras da Universidade do Porto), dr. Renato Henriques, dr. Álvaro Carvalho, Ana Luísa Costa, Joaquim Cunha, Cecília Vivas, Susana Flor, Fátima Nogueira, Elisabete Vivas e José Luís Nunes.

As datações por OSL (*optically stimulated luminescence*) foram realizadas na Universidade de Sussex, Reino Unido, pela dr. Romola Parish e as do radiocarbono no Instituto Tecnológico e Nuclear (Lisboa), Kyoto Sangyo University (Japão), Geological Survey of Canada, Teledyne Isotopes (USA), e Krueger Enterprises (USA).

A todos os que, com o seu apoio e colaboração, têm permitido alcançar os objectivos que nos propomos com as nossas investigações, os nossos sinceros agradecimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSEN, B. G. & BOFFA, H. W. (1994) - *The Ice Age World, An introduction to Quaternary History and research with emphasis on North America and northern Europe during the last 2.5 million years*. Scandinavian University Press, Oslo, 208p.
- ARAÚJO, M. A. (1986) - Depósitos eólicos e lagunares fósseis na região de Esmoriz. *Revista da Faculdade de Letras da Universidade do Porto*, Geografia, 1.^a série, II: 53-63, Porto.
- ARAÚJO, M. A. F. P. (1991) - *Evolução Geomorfológica da Plataforma Litoral da Região do Porto*. Dissertação de Doutoramento, Universidade do Porto, 534 p.
- BATISTA, J. L. M. (1991) - *As indústrias líticas pré-históricas do litoral minhoto (Portugal) no seu contexto cronoestratigráfico e paleoambiental*. Dissertação de Doutoramento, Universidade do Minho, 654 p..
- BUTZER, K. W. (1967) - *Geomorphology and Stratigraphy du Paleolithic sit of Budiño (Provincia Pontevedra, Spain). Eiszeitlicher and Gegenwart*. Band 18. Ohren/Wurtz, p. 82-103.
- CABRAL, J.; RIBEIRO, A. (1989) - Carta neotectónica de Portugal Continental. Escala 1:1000000. *Nota explicativa*, Serviços Geológicos de Portugal, 10 p.
- CABRAL, J.; RIBEIRO, A. (1990) - Neotectonic studies in Portugal. The neotectonic map. *Bulletin INQUA Neotectonic Comission*, 13, p. 6-8.
- CABRAL, J. M. L. C. (1993) - *Neotectónica de Portugal Continental*. Dissertação de doutoramento, Universidade de Lisboa, 435 p.
- CAILLEUX, A. (1947) - Granulométrie des formations à galets. La Géologie des Terrains Récents dans l' Ouest de l' Europe. *Session extraordinaire de Société Géologie Belge*, 1946.
- CAILLEUX, A.; TRICART, J. (1959) - *Initiation à l'étude des sables et des galets*. Centre de Documentation Universitaire, Paris, 376 p.
- CARVALHO, G. S. (1952) - Les Dépôts Détritiques Plio-Pleistocènes et la morphologie de la Gândara au nord de la Serra da Boa Viagem (Portugal). *Revue de Géomorphologie Dynamique* 6, p. 275-293.
- CARVALHO, G. S. (1953 a) - A Sedimentologia dos Depósitos Detriticos Plio-Quaternários e a Morfologia da Região entre a Serra dos Candieiros e o Oceano Atlântico. *Memórias e Notícias*, Museu Mineralógico e Geológico, Universidade de Coimbra, 34.
- CARVALHO, G. S. (1953b) - Les sédiments pliocènes et la morphologie de la région d'entre Vouga et Mondego (Portugal). *Memórias e Notícias*, 34, Universidade de Coimbra.
- CARVALHO, G. S. (1966) - Índice de forma de grãos de arcia e a morfoscopia das arcias das praias do litoral de Angola. *Garcia da Orta*, 14 (2), Lisboa, p. 229-268.
- CARVALHO, G. S. (1975) - Notice on sedimentological, cronostratigraphic and geomorphological problems of Inhaca Island. *Memórias do Instituto de Investigação Científica de Moçambique*, 10, p 51-71.
- CARVALHO, G. S.; LOPES, M. E. M.; DIAS, M. L. P.; MORAIS, J. M.; DUARTE, R. T. (1975) - The Quaternary deposits and the stone artefacts of the fluvial terraces (Olifants River) on the earth dam site of Massinger (Gaza Provincia, Moçambique). *Memórias do Instituto Científico de Moçambique*, vol. 10, série B, p. 73-120.
- CARVALHO, G. S. (1981) - Uma metodologia para o estudo dos depósitos quaternários. *Arqueologia*, 4, Porto, p. 50-63.
- CARVALHO, G. S. (1983) - Problemas das formações quaternárias do Minho (Portugal). *Geonovas*, 10, Associação Portuguesa de Geólogos, Lisboa, p. 107-112.
- CARVALHO, G. S. (1983-85) - Análise dimensional de arcias e Sedimentogénese (alguns exemplos de aplicação). I Congresso Nacional de Geologia. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, XXIV: Lisboa, p.117-124.
- CARVALHO, G. S.; GRANJA, H. M. (1991) - Processos geológicos durante o Plistocénico e Holocénico na zona costeira do no-

- roeste de Portugal. *Memórias e Notícias*, Publicações do Museu Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra, 112, p. 57-65.
- CARVALHO, G. S.; GRANJA, H. M.; MATIAS, M. S.; MOURA, R. (1995) - Prospecção geofísica e indicadores de neotectónica na zona costeira do noroeste de Portugal, a norte do Fura-douro. *Memórias do Museu Mineralógico e Geológico*, Faculdade de Ciências do Porto, 4, p. 401-404.
- CARVER, R. E. (Ed) (1971) - *Procedures in Sedimentary Petrology*. John Wiley e Sons, 653 p.
- CASAS, M. C.; DOMINGUEZ, C. M.; CORTIZAS, A. M. (1996) - Caracterización físicoquímica do depósito de Mougas (Pontevedra): implicacións morfoxenéticas. *Dinámica y Evolución de Medios Cuaternarios*, Xunta de Galicia, Consellería de Cultura, Santiago de Compostela, p. 431-440.
- FOLK, R. L. (1966) - A review of grain-size parameters. *Sedimentology*, Amsterdam, 6, p. 73-93.
- FRIEDMAN, G. M. (1961) - Distinction between dune, beach and river from their textural characteristics. *Journal of Sedimentary Petrology*, 31, p. 514-529.
- 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), p. 327-354.
- FRIEDMAN, G. M. (1979) - Address of the retiring President of the International Association of Sedimentologists. Differences in size distribution of populations of particles among sands of various origins. *Sedimentology*, Amsterdam, 26 (1), p. 3-32.
- FRIEDMAN, G. M.; SANDERS, J. E. (1978) - *Principles of Sedimentology*. John Wiley e Sons, 792 p.
- GAMBLE, C. (1996) - *The Paleolithic settlement of Europe*. Press Syndicate of the University of Cambridge, 471p.
- GÓMEZ, M. H. (1989) - La Cornisa Cantábrica. *Mapa del Cuaternario de España, escala 1:1000000*, Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid, p. 105-117.
- 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. (1991) - Os sistemas dunares a norte da laguna de Aveiro e a neotectónica recente. *Conferência e Comunicação do Seminário "Zona Costeira e Problemas Ambientais"*. Comissão Nacional da Associação EUROCOAST, Aveiro, p. 53-64.
- GRANJA, H. M. (1993) - Os conhecimentos actuais sobre o Holocénico de Portugal. In: *Síntese do Quaternário de Portugal. Balanço e perspectivas*. Associação Portuguesa para o Estudo do Quaternário.
- GRANJA, H. M.; CARVALHO, G. S. (1992) - Dunes and Holocene deposits of the coastal zone of Portugal, north Mondego Cape. in CARTER, R. W. G; CURTIS, I. G. F. e SHEEHY-SKEFFINGTON, M. J. (eds.) *Coastal Dunes (Geomorphology, Ecology and Management for Conservation)*, A. A. Balkema, Roterdão.
- GRANJA, H. M.; CARVALHO, G. S. (1993) - As datações pelo radiocarbono e o Plistocénico-Holocénico da zona costeira do NO de Portugal (síntese de Conhecimentos). *Actas da 3.ª Reunião do Quaternário Ibérico*, Coimbra, p. 383-393.
- GRANJA, H. M.; CARVALHO, G. S. (1995) - Sea level change during The Pleistocene-Holocene in the NW coastal zone of Portugal. *Terra Nova*, European Union of Geosciences, 7, p. 60-67.
- GRANJA, H. M.; SOUSA, M. M.; CARVALHO, G. S. (1992) - Quaternary movements in the NW coastal zone of Portugal (around Cávado estuary). *Bulletin of INQUA Neotectonic Commission*, Stockholm, 15, p. 12-17.
- GRANJA, H. M.; GOMES, P.; CARVALHO, G. S. (1995) - Morfologia e Cronologia dos sistemas dunares da zona costeira do noroeste de Portugal. *Memórias do Museu Mineralógico e Geológico*, Faculdade de Ciências do Porto, 4, p. 417-420.
- GRANJA, H. M.; CARVALHO, G. S.; GROOT, T.; SOARES, A. M.; PARISH, R. (1996) - Geochronology and the Recent Geomorphological Evolution of the Northwest Coastal Zone of Portugal. *Partnership in Coastal Zone Management*, eds. J. Taussik e J. Michell, Samara Publishing Limited, Cardigan, Inglaterra, p. 297-308.
- GUILCHER, A. (1982) - Remarques sur l'âge des cordons de galets anciens de la Baie d'Audierne. *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude du Quaternaire*, 4, p. 205-206.
- HALLEGOUET, B.; MONNIER, J. L.; MORZADÉC-KERFOURN, M. T. (1980) - Stratigraphie du Peistocene de Bretagne. IV- Stratigraphie des dépôts marins, in *Problèmes de Stratigraphie Quaternaire de France et dans les pays limitrophes* (direction J. Chaline). *Supplément du Bulletin de l'AFEQ*, n.º 1, p. 211-225.
- HEDBERG, H. D. (ed. first edition 1976), 1994, *International Stratigraphic Guide. A Guide to Stratigraphic classification, Terminology and Procedure*. Second edition copublished by the International Union of Geological Sciences and the Geological Society of America, Amos Salvador Editor, second Edition, 214 p.
- LAUTRIDOU, J.-P.; CONCHON, O.; KERAUDREN, B.; RENAULT-MISKOVSKY, J.; PETIT-MARIE, N. (1992) - A propos du Quaternaire en Europe. *Geochronique*, 44, p. 15-25.
- LAUTRIDOU, J. P.; SOME, J.; HEIM, J.; MAUCORPS, J.; PUISSEGUR, J. J.; ROUSSEAU, D. D.; THÉVENIN, A.; VAN VLIET-LANOE, B. (1984) - Corrélations entre les sédiments quaternaires continentaux et marins dans le domaine France Spégntrional-Manche. *Revue de Géologie Dynamique et Géographie Physique*, 22 (2): 105-112.
- LEWIS, D. W.; MCCONCHIE, D. (1994 a) - *Analytical Sedimentology*, Chapman e Hall, 197 p.
- LEWIS, D. W.; MCCONCHIE, D. (1994b) *Practical Sedimentology*, Chapman e Hall, 213 p.
- LOWE, J. J. (1991) - Radiocarbon Dating: Recent Applications and Future Potential. A Publication of the Quaternary Research Association. *Quaternary Proceedings*, 1, 89 p.
- MANGERUD, J.; SØNSTEGAARD, E.; SEJRUP, H.-P. (1979) - Correlation of the Eemian (interglacial) stage and the deep-sea oxygen-isotope stratigraphy. *Nature*, 277, p. 189-192.
- MANGERUD, J. (1994) The last interglacial/Glacial Cycle in Northern Europe, in *Quaternary Landscapes*, Shane L. C. K. e Cushing E. J., editors, Belhaven Press, London, p. 38-75.
- MARY, G. (1985) - Niveaux marins du littoral asturien et galicien entre San Vicente de la Barquera e Foz. *I Reunião do Quaternário Ibérico*, Lisboa, I, p. 219-228.
- MARY, G. (1986) - Oscillations climatiques entre 125.000 anos et le dernier maximum glaciaire sur la côte asturienne (Espagne). *Bulletin AFEQ*, 25-26, 1-2, p. 151-157.
- MEIRELES, J. (1994) - As indústrias líticas pré-históricas do litoral do Minho (Portugal) e o seu quadro litostratigráfico. *Actas do 1.º Congresso de Arqueologia Peninsular 1993. Trabalhos de Antropologia e Etnologia*, XXXIV (3,4), Porto, p. 18-42.
- MEIRELES, J.; TEXIER, J.-P. (1994) - O Quaternário do Litoral do Minho. Uma síntese lito e cronoestratigráfica. *Actas da 3.ª Reunião do Quaternário Ibérico*, Coimbra, p. 395-408.
- MOREIRA, M. E. A. (1984) - *Glossário de termos usados em Geomorfologia Litoral*. Centro de Estudos Geográficos, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 167 p.
- MORZADÉC-KERFOURN, M. T. (1972) - Chronologie des formations littorales du massif armoricain. *C. R. Sommaire des Sciences de la Société Géologique du France*, 3, p. 133-134.
- MORZADÉC-KERFOURN, M. T.; MONNIER, J. L. (1982) - Chronologie relative des cordons littoraux pleistocènes de Bretagne. *Bulletin AFEQ*, 12 (4): 195-203.
- MORZADÉC-KERFOURN, M. T.; MONNIER, J. L.; HALLEGOUET, B. (1982) - *Pleistocene du Littoral Breton (de Quimper à Saint-Brieuc)*. Excursion AFEQ. Institution de Géologie de l'Université de Rennes I, Laboratoire d'Anthropologie, Préhistoire, Protohistoire et Quaternaire Armoriciens. Equipe de Recherche n.º 27 du C.N.R.S. et Laboratoire de Géographie de l'Université de Rennes.
- NOON, H. (1966) - *Les Régions côtières de la Galice (Espagne). Étude géomorphologique*. Publications de la Faculté des

- Letres de l'Université de Strasbourg, III, Éditions Ophrys, Paris, 592 p.
- PASSEGA, R. (1964) - Grain size representation by CM, patterns as a geological tool. *Journal of Sedimentary Petrology*, 34, p. 830-847.
- PASSEGA, R. (1977) - Significance of CM diagrams of sediments deposited by suspension. *Sedimentology*, 24, p. 723-33.
- PEREIRA, E.; RIBEIRO, A.; CARVALHO, G.; NORONHA, F.; FERREIRA, N.; MONTEIRO, J. H. (1989) - Carta Geológica de Portugal à escala 1: 200000, Folha 1, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- POWERS, M. C. (1953) - A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, 23 (2): 117-119.
- POJOL, C., TURON, J.-L. (1996) - Comparaison des cycles climatiques en domaine marin et continental entre 130000 et 28000 ans BP dans l'hémisphère Nord. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 1/2, p. 17-25.
- RAMIL-REGO, P.; ORELLANA, L. G. (1996) - Dinamica climática y Biogeografía del Área Litoral-Sublitoral de Galicia durante el Pleistoceno Superior-Holoceno. *Biogeographia Pleistocena-Holocena de la Península Ibérica* (coordinadores P. Ramil-Reno, C. Fernández Rodríguez e M. Rodríguez Guittán) Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, p. 43-71.
- ROMANI, J. R. V. (1977/78) - El período Cuaternario en Galicia, *Gallaecia*, 3/4: 19-35, Universidade de Santiago de Compostela.
- ROMANI, J. R. V. (1980) - Estado de los conocimientos sobre la variación del nivel del mar en Galicia durante el Cuaternario. *Braña*, 3: 68-83, Santiago de Compostela.
- ROMANI, J. R. V. (1989) - Galicia. Mapa del Cuaternario de España, escala 1:1000000, Instituto Tecnológico e Geomínero de España, Madrid, p. 95-104.
- SCHWARTZ, M. L., (editor), *The Encyclopedia of Beaches and Coastal Environments*. Hutchinson Ross Publishing Company, Stroudsburg, Pennsylvania, U.S.A., 940 p.
- SHEPARD, F. P.; YOUNG, R. (1961) - Distinguishing between beach and dune sands. *Journal Sedimentary Petrology*, 31 (2), p. 169-214.
- SMART, P. L.; FRANCES, P. D. (1994) - Quaternary Dating Methods. A user's guide. *Quaternary Research Association Technical Guide*, n.º 4, Londres, 233 p.
- TERS, M. (1977) - Le déplacement de la ligne de rivage au cours de l'Holocène de long de la côte Atlantique française. Approche Écologique de l'Homme Fossile (direction H. Laville et J. Renault-Miskovsky), supplément *Bulletin de l'AFEQ*, 47, p. 179-191.
- TAYLOR, R. E.; LONG, A.; KRA, R. S. (eds) (1992) - Radiocarbon after four décadas. An interdisciplinary perspective. Springer-Verlag, New York, 590 p.
- TEXIER, P.-P.; MEIRELES, J. (1991) - Les formations littorales quaternaires du Minho (Portugal): propositions pour une nouvelle approche climato-chronologique et dynamique. Datation et Caractérisation des Milieux Pleistocènes. Actes des Symposiums 11 et 17 de la 11^{ème} R.S.T. Clermont-Ferrand 1986, *Cahiers du Quaternaire* 16, p. 115-133.
- TRASK, P. D. (1930) - Mechanical analyses of sediments by centrifuge. *Economic Geology*, 25, p. 581-590.
- VAN ANDEL, T. H.; TZEDAKIS, P. C. (1996) - Palaeolithic Landscapes of Europe and Environs 150000-25000 years Ago: an Overview. *Quaternary Science Reviews*, 15, Elsevier Sciences Ltd, p. 481-500.
- VISHER, G. S. (1969) - Grain size distributions depositional process. *Journal of Sedimentary Petrology*, 39: p. 1074-1106.
- ZUBAKOV, V. A.; BORZENKOVA, I. T. (1990) - Global Palaeoclimatic of the Late Cenozoic. *Developments in Palaeontology and Stratigraphy*, 12, Elsevier Sciences Publishers B. V., 456p.
- 1946, Sixième Rapport de la Commission pour l'Étude des Terrasses Pliocènes et Plistocènes. Problèmes des Terrasses. Union Géographique Internationale. Lowain.
- 1952, Septième Rapport de la Commission pour l'Étude des Terrasses et Surfaces d'Aplanissement. Union Géographique Internationale, XVII Congrès International de Géographie, Washington.
- 1993, Global Change, report 25, p. 50. Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone. The International Geosphere-Biosphere Programme: A Study of Global Change (IGBP) of the International Council of Scientific Unions (ICSU) Stockholm.