

EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA, EM PORTUGAL, DESDE O ÚLTIMO MÁXIMO GLACIÁRIO ATÉ À ACTUALIDADE: SÍNTESE DOS CONHECIMENTOS ⁽¹⁾

J. M. ALVEIRINHO DIAS* , AURORA RODRIGUES** , FERNANDO MAGALHÃES***

Resumo

Desde que, no início deste século, com os trabalhos precursores desenvolvidos pelo Ministério da Marinha, a plataforma continental portuguesa começou a ser estudada sob o ponto de vista geológico, foram publicados centenas de artigos e preparadas mais de três dezenas de teses sobre o assunto. Na generalidade, as teses não são de acesso fácil, e grande parte dos artigos foram publicados em revistas de muito reduzida circulação internacional ou em actas de congressos. Assim, a informação existente, por vezes de grande relevância, não é facilmente acessível aos investigadores estrangeiros e, mesmo, nacionais. Neste artigo faz-se uma síntese dos conhecimentos actualmente existentes sobre a evolução da linha de costa desde o Último Máximo Glaciário, referindo grande parte dos artigos e das teses que contêm informações pertinentes sobre o assunto.

Esta síntese permite, também, detectar algumas das assimetrias do conhecimento. Assim, da análise efectuada, facilmente se conclui que o sector da plataforma portuguesa mais bem conhecido é o do Minho, e o menos bem conhecido é o correspondente ao "esporão" da Estremadura. No que se refere ao nível dos conhecimentos relativos às várias fases climáticas que ocorreram nos últimos 18 mil anos, torna-se evidente que o período entre 10 e 3 mil anos (abrangendo o Holocénico antigo), é o que apresenta maiores carências de informações no que se refere à plataforma continental.

Os tempos históricos e a actualidade são aqui apenas afluídos de forma muito abreviada. Efectivamente, a abundância de informações nos trabalhos publicados é tal que, só por si, justificaria um trabalho autónomo sobre o assunto.

Palavras-chave: Linha de costa, nível do mar, plataforma continental, Portugal

Abstract

Evolution of the Portuguese coastline from the Last Glacial Maximum until the present-day - Sediments of the Portuguese continental shelf were first studied in the early 1900s by the Portuguese marine ministry. However, studies integrating sedimentary, radiocarbon and morphological data in order to trace shoreline evolution since the last glacial maximum have only been published in the 1980s. These were expressed in a curve for relative mean sea-level changes in northern Portugal during the last 18 Ky.

At the maximum of the last glaciation (18Ky BP), the polar front was situated between 37° and 40° N, in the vicinity of the Portuguese margin. General warming of the atmosphere (which began 16 Ky BP) was responsible for the progressive northward retreat of the polar front and for the subsequent rise in mean sea level.

According to the referred curve, sea level was found at depths of around -120 to -140 m in the glacial maximum. Then it rose to ca -100m 16 Ky ago, remaining at that stand or even slightly decreasing for the next 3 Ky. This was followed by a rapid rise to -40m ca 12 Ky ago and afterwards by an equally fast fall to -60m as induced by the younger Dryas event. Another period of rapid rise begun ca 10 Ky BP, its rate decreasing around 8 Ky BP, when sea level was at -30 m. Sea level rise has been slower since. Present level was reached ca 3.5 Ky BP.

The present paper provides a review of the existing knowledge on the post-glacial migration of the Portuguese coastline, from the lowest stand to the present, as driven by climate and oceanographic conditions, and tries to identify gaps and space and time asymmetries in such knowledge. Emphasis will be given to the northern sector, even if recent data suggest that the referred curve can be applied to the entire shelf. The broad evolution patterns of the northern coastline are well known, but the knowledge of the evolution of the remaining shelf is rather heterogeneous, although always less complete. Several elements about shoreline evolution during the glacial maximum and the deglaciation have already been obtained. However, evolution during the lower Holocene, namely during the Climatic Optimum, remains almost completely unknown. Little is also known about shoreline evolution during the historical period, especially before the 16th century. Consequences of historical small-amplitude oscillations are almost completely unknown and in fact only work hypothesis can be found on these. On the contrary, evolution in recent centuries (in which maps and written documents are increasingly more frequent) is much better known, particularly in areas with higher population densities. Evolution during this century is very well known. A period of clear transgression is presently occurring, as consequence of human interventions in hydrographic basins and secular sea level elevation. The present coastline erosion is essentially related to a strong deficiency in sediment input because of the numerous human activities in the drainage basins, in the estuarine areas and even in the littoral zone.

Key-words: Coastline, continental shelf, sea-level, Portugal

(1) Contribuição do Grupo DISEPLA n° A88

* Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8 000 Faro, Portugal; ** Marinha, Instituto Hidrográfico, Rua das Trinas, 49, 1296 Lisboa Codex, Portugal; *** Museu Nacional de História Natural, Rua da Escola Politécnica, 58, 1250 Lisboa, Portugal

1. INTRODUÇÃO

O estudo sistemático da plataforma continental portuguesa iniciou-se no início deste século com os trabalhos conducentes à elaboração das 8 "Cartas Litológicas Submarinas da Costa de Portugal", a maior parte das quais foi publicada entre 1913 e 1928. Embora o objectivo fundamental fosse o inventário dos fundos para as pescas, Portugal tornou-se, assim, um dos primeiros países a dispôr de um reconhecimento sedimentológico da totalidade da sua plataforma continental.

Todavia, foi apenas na década de 70 que, seguindo uma tendência genérica mundial, a plataforma continental portuguesa começou a ser estudada sob o ponto de vista da sua evolução desde o último máximo glaciário. Nos últimos 20 anos foram publicadas sobre o assunto algumas centenas de artigos, muitos deles em revistas pouco conhecidas e de difícil obtenção, bem como apresentadas várias teses de mestrado e de doutoramento cujas conclusões, em vários casos, nunca foram largamente divulgadas.

Perante o volume de informação disponível é de toda a relevância proceder a uma síntese dos conhecimentos actuais, identificando as assimetrias desses conhecimentos.

2. AS VARIAÇÕES DO NÍVEL DO MAR

A primeira proposta (e, até ao momento, única) de curva de variação do nível médio relativo do mar em Portugal, abrangendo os últimos 18 000 anos, foi pu-

blicada por DIAS (1985, 1987). Perante a escassez de dados radiocronológicos, no estabelecimento da aludida curva foram utilizados dados referentes aos corpos sedimentares e aos elementos morfológicos reconhecidos na plataforma, bem como as suas relações genéticas e de idade relativa. O modelo assim concebido foi parcialmente confirmado por algumas datações de ^{14}C , e utilizado, conjuntamente com análises geomorfológicas detalhadas, para deduzir o traçado da linha de costa no Máximo Glaciário, em vários momentos do Deglaciário e do Holocénico (DIAS, 1987).

De acordo com a curva referida (fig. 1), o nível do mar encontrar-se-ia a cotas de -120m a -140m no decurso do máximo glaciário, após o que subiu lentamente até atingir aproximadamente os -100m há 16kanos, altura em que estabilizou ou desceu ligeiramente. Há 13kanos verificou-se subida muito rápida do nível do mar, tendo-se atingido a cota -40m entre 12 e 11kanos, após o que desceu rapidamente até aos -60m, certamente em consequência do Dryas Recente. Há 10kanos verificou-se nova subida muito rápida do nível do mar, abrandando as taxas de subida por volta dos 8kanos quando o nível se encontrava por volta dos -30 m. Desde então a subida foi mais lenta, tendo-se atingido aproximadamente o nível actual há cerca de 3,5kanos.

Esta curva foi estabelecida para a plataforma norte de Portugal. No entanto, trabalhos incidindo sobre outros sectores da plataforma portuguesa (e.g.: QUEVAUVILLER, 1986; QUEVAUVILLER & MOITA, 1986; MOITA, 1971, 1986; MONTEIRO *et al.*, 1982;

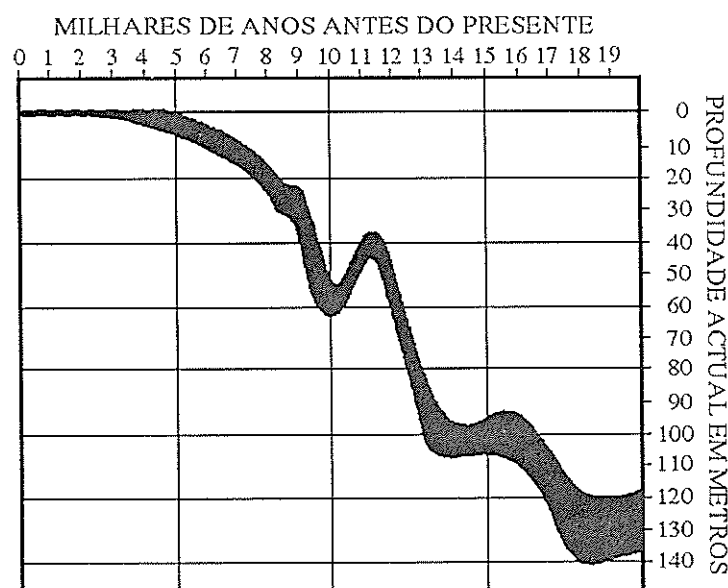


Fig.1 - Proposta de curva de variação do nível médio relativo do mar, na margem continental portuguesa, desde o último máximo glaciário (segundo DIAS, 1985, 1987, modificado).

Fig 1. - Proposal for a relative mean sea-level curve in the Portuguese continental margin since the last glacial maximum (DIAS, 1985, 1987, modified).

MONTEIRO & MOITA, 1971) permitiram confirmar, em princípio, a aplicabilidade desta curva à totalidade desta plataforma.

As variações do nível do mar no decurso do Holocénico são mal conhecidas, apesar dos dados publicados por MOREIRA & PSUTY (1993) sobre o estuário do Sado e das curvas propostas por GRANJA & DE GROOT (1966) para o litoral de Cortegaça e por BETTENCOURT (1994) para a laguna da Ria Formosa. Sobre a costa norte portuguesa existem vários artigos divulgando resultados de datações radiocronológicas de materiais colhidos em zonas costeiras (e.g.: GRANJA, 1990; GRANJA & CARVALHO, 1992, 1995; GRANJA & DE GROOT, 1966), os quais têm sido utilizados designadamente para chamar a atenção para a importância da neotectónica, mas que, até ao momento, não foram integrados em qualquer proposta de curva de variação do nível do mar nesta zona.

As variações históricas do nível do mar são quase completamente desconhecidas em Portugal. Apenas existem algumas referências interpretativas ou hipóteses de trabalho. Pelo contrário, as variações do nível do mar ao longo deste século são bem conhecidas devido ao estudo de séries maregráficas, principalmente da série da estação de Cascais, cuja extensão é superior a um século. De acordo com os resultados publicados, o nível do mar teria descido a uma média de 0,5mm/ano entre 1882 e 1920, após o que se registou até ao presente uma subida média de 1,7mm/ano (TABORDA & DIAS, 1988, DIAS & TABORDA, 1988, 1992). De acordo com os autores referidos, estas variações seriam essencialmente devidas à expansão térmica do oceano.

3. O MÁXIMO GLACIÁRIO

Em Portugal, o litoral, no Máximo Glaciário, encontrava-se, provavelmente, próximo do bordo da plataforma, a cerca de 120 m a 140 m abaixo do nível do mar actual (fig. 2-A). A frente polar estaria, então, à latitude da plataforma portuguesa (e.g.: MCINTYRE *et al.*, 1976; MOLINA-CRUZ & THIEDE, 1978, PUJOL, 1980). A temperatura das águas, junto à costa, seria inferior a 4°C no Inverno (no sector norte da plataforma), embora ao largo fosse bastante mais quente, superior a 10°C (THIEDE, 1977, 1978; MOLINA-CRUZ & THIEDE, 1978). A distribuição das paleontocenoses de foraminíferos planctónicos "polares" sugere a existência, nesta altura, de uma corrente costeira de águas polares frias, dirigida de Norte para Sul, ao longo da margem portuguesa (MOLINA-CRUZ & THIEDE, 1978).

É provável que icebergs passassem então, frente a Portugal, em estado de fusão acelerada (GUILLIEN, 1962), o que parece ser comprovado pela presença, em testemunhos verticais de sedimentos profundos, de elementos com indícios de transporte pelo gelo

(KUDRASS & THIEDE, 1970; FATELA, 1994; FATELA *et al.*, 1994). Em testemunhos colhidos no decurso dos cruzeiros Seagal e Norestante III, no flanco ocidental da montanha submarina da Galiza e na planície abissal adjacente, foi detectada a existência esporádica de elementos de tonalidade muito escura, de ordem centimétrica, estriados, cuja observação petrográfica (efectuada por L. RIBEIRO) revelou serem constituídos por litologias granitoides não conhecidas na Península Ibérica mas, em primeira aproximação, aparentadas a rochas existentes, por exemplo, na Irlanda. Este transporte sedimentar para a região ibérica, efectuado por icebergs originários de latitudes mais elevadas, parece também ser comprovado por LEBREIRO *et al.* (1996), que assinalaram a presença do nível de Heinrich I, datado de há 20 mil anos, em testemunhos colhidos na região da montanha submarina de Tore, e que relacionam a ocorrência de feldspatos vermelhos com uma corrente precursora da actual corrente das Canárias.

As principais serras do norte português ostentavam, nas partes mais elevadas, espessas acumulações de gelo (e.g.: DAVEAU, 1980, 1986; COUDÉ *et al.*, 1983; COUDÉ-GAUSSEN, 1978). Também junto ao litoral, indícios sedimentológicos e geomorfológicos vários permitem deduzir manifestações de frio, com congelação relativamente frequente (e.g.: CARVALHO, 1983; DAVEAU, 1973, 1986; RAYNAL, 1985). O "upwelling" seria, durante o glaciário, mais intenso do que o actual (ROGNON, 1980; ABRANTES, 1991).

As bacias drenantes tinham, então, área bastante maior do que a actual, devido ao baixo nível marinho que expunha quase por completo a plataforma continental. A estação chuvosa seria mais longa do que a actual, ocorrendo as maiores precipitações no Outono e Inverno (DAVEAU, 1980). A erosão fluvio-glaciária, a fusão primaveril dos gelos e a forte pluviosidade referida conferiam aos rios fortes caudais hídricos, com grandes cheias frequentes, o que proporcionaria um forte abastecimento do litoral (DIAS, 1987), de que existem múltiplas evidências sedimentológicas e geomorfológicas na plataforma continental (e.g.: DIAS & NITTRouer, 1984; MAGALHÃES & DIAS, 1992; ABRANTES *et al.*, 1994; CASCALHO *et al.*, 1994).

Devido a este intenso afluxo de água doce, as águas costeiras eram frequentemente pouco salinas, designadamente na plataforma norte portuguesa, onde a maior parte dos rios actuais eram então afluentes de um único rio principal que fluía para norte, cujo traçado era provavelmente condicionado por uma falha actualmente bem identificada na plataforma (RODRIGUES *et al.*, 1991, 1992, 1995), e que desaguarda num golfo pronunciado (fig. 2-A). As águas eram aí marcadamente hiposalinas, o que tem vindo a ser atestado por análises microfaunísticas (e.g.: NASCIMENTO & SILVA, 1989). Efectivamente, SILVA (1997) refere a existência, nesta área, entre os 160 m

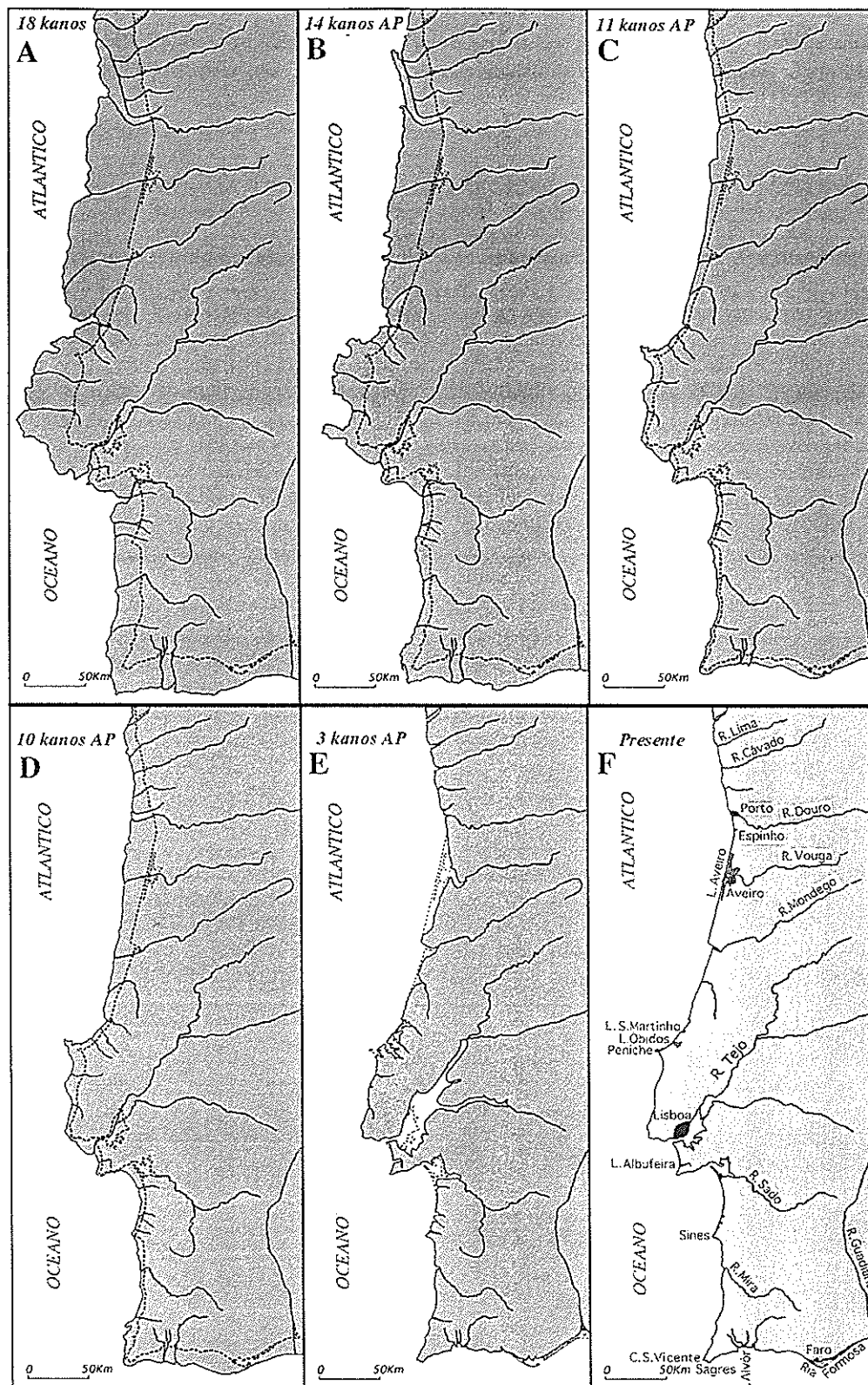


Fig. 2 – Presumível linha de costa, na plataforma continental portuguesa. A - há 18ka (último Máximo Glaciário), B – no final da glaciação (14 ka), C – quase no final do deglaciário (11 ka – início do Dryas recente), D – no início do Holocénico (10 ka), E – quando o nível do mar atingiu aproximadamente a cota actual (3 ka), F – na actualidade.

Fig. 2 – Possible coastline in the Portuguese continental shelf.

e os 230 m de profundidade, de paleotanatocenoses climáticas de ostracodos que actualmente vivem a latitudes superiores a 60°, sendo várias das espécies encontradas típicas da zona infralitoral costeira e de águas hipossalinas.

Os ventos e a onda dominantes provinham, então, provavelmente, de Oeste (PUJOL & TURON, 1974; PUJOL, 1980; DIAS, 1987). Devido à cota a que se localizava o nível médio do mar, quase não existia plataforma continental, e grande parte dos rios debilitavam a maior parte dos seus caudais sólidos quase directamente para a vertente continental, principalmente nas épocas de cheia. O forte pendor do fundo e a refracção muito limitada a que a onda de maior comprimento de onda era sujeita conjugavam-se para tornar o litoral muito energético, tornando fácil a transferência de partículas existentes na estreita plataforma continental para maiores profundidades, o que era amplificado pelo facto de, nos sectores imediatamente a norte dos canhões submarinos, existir uma resultante da deriva litoral virada para sul, verificando-se o inverso nos sectores a sul desses canhões submarinos (DIAS, 1980).

Através da integração de um vasto conjunto de dados geomorfológicos, sedimentológicos, mineralógicos, micropaleontológicos, e de informações obtidas através de reflexão sísmica ligeira, de sonar de pesquisa lateral e de veículos de operação remota (ROV), vários aspectos da configuração do litoral glaciário norte português são, actualmente, bem conhecidos (e.g.: DIAS, 1987, RODRIGUES & DIAS, 1989; RODRIGUES *et al.*, 1990, 1991). Na restante plataforma, o nível de conhecimentos é muito heterogéneo, mas sempre menor, existindo mesmo alguns sectores (e.g.: plataforma entre o canhão submarino da Nazaré e o cabo Raso) em que o volume de dados obtidos até ao momento é diminuto.

4. FINAL DO GLACIÁRIO - INÍCIO DA DEGLACIAÇÃO

A deglaciação e consequente introdução e redistribuição, no oceano, de grandes quantidades de água provenientes da fusão dos gelos das calotes glaciárias, induziram desequilíbrios isostáticos importantes, cujos movimentos de reajustamento variaram, de tipo e de intensidade, de região para região. Nas plataformas continentais, face aos desequilíbrios hidro-isostáticos induzidos pela elevação do nível do mar, mais intensos junto ao bordo da plataforma do que nas zonas mais próximas do continente, é lícito admitir a existência de uma tendência geral para a ocorrência de movimentos do tipo bascula, cujas tensões, nalguns casos, foram possivelmente aliviadas através de movimentações ao nível de falhas pré-existent (DIAS, 1987). Assim, é de esperar que os diferentes sectores da plataforma portuguesa tenham reagido de forma diferencial à progressiva elevação do nível médio do

mar. Todavia, o actual nível de conhecimentos sobre a evolução da plataforma continental portuguesa não tem, ainda, pormenor suficiente para detectar, com segurança, os comportamentos diferenciais aludidos.

Segundo MÖRNER (1988, 1994), a subida do nível do mar associada à deglaciação provocou uma desaceleração da velocidade angular da Terra, o que possibilitou o desenvolvimento do ramo setentrional da corrente do Golfo, forçando a migração da frente polar para norte. Ao largo da Península, na região da montanha submarina de Tore, LEBREIRO *et al.* (1994) identificaram níveis grosseiros correspondentes a um nível de Heinrich, datados de 12 a 15 kanos, e que, segundo estes autores, se podem relacionar com o transporte de materiais provenientes da região do estreito de Hudson, por acção do ramo meridional da corrente do Golfo.

A deglaciação deixou, aparentemente, traços menos nítidos na plataforma portuguesa. Numa primeira fase (fase II de RUDDIMAN & MCINTYRE, 1981) verificou-se lenta migração do litoral em direcção ao continente, tendo o mar atingido a cota -100m há cerca de 16kanos, tendo então estabilizado ou mesmo descido ligeiramente. Este estacionamento do nível do mar, que se prolongou até há 13kanos permitiu o desenvolvimento de acidentes geomorfológicos vários, designadamente de plataformas de abrasão marinha, de cordões litorais e de arribas, que têm vindo a ser reconhecidas quer através de análises geomorfológicas (e.g.: MUSELLEC, 1974; DIAS, 1985, 1987), quer por interpretação de perfis de reflexão sísmica ligeira e de sonar de pesquisa lateral (e.g.: MUSELLEC, 1974, RODRIGUES & DIAS, 1989; RODRIGUES *et al.*, 1991), quer por observação directa com veículos de operação remota (e.g.: DIAS *et al.*, 1991, 1992).

Os condicionalismos climáticos e oceanográficos não seriam muito diferentes dos existentes no decurso do máximo glaciário (DIAS, 1987). Os depósitos grosseiros, com características relíquia, presentes em grande parte da plataforma externa portuguesa (e.g.: DIAS & NITTROUER, 1984; QUEVAUVILLER & MOITA, 1986; MAGALHÃES, 1993; ABRANTES, 1994) teriam sido fundamentalmente constituídos durante esta fase.

Os canhões submarinos seriam, nesta altura, os veículos privilegiados para transferência de materiais sedimentares para maiores profundidades. A série de "cores" colhidos ao longo da margem portuguesa durante o cruzeiro Faegas IV (FAUGÈRES *et al.*, 1984) revelam, nesta fase, taxas de acumulação nulas ou muito pequenas na vertente continental superior situada entre canhões submarinos. A maiores profundidades as taxas de acumulação são significativas, atingindo valores superiores a 1,1cm/kano. Litologicamente, os "cores" são constituídos por vasas silto-argilosas denunciando frequentemente contactos do tipo erosivo. Reconhecem-se, também, níveis turbidifícticos e de "debris-flow" com elementos, retomados, de argila compacta, o que parece confirmar a existên-

cia, nesta altura, de frequentes episódios turbidíficos e de movimentações do tipo gravitacional induzidos provavelmente por temporais (DIAS, 1987).

Um "core" colhido no eixo da parte terminal do canhão submarino da Nazaré revelou depósitos grosseiros (areias finas a grosseiras e cascalhos) dispostos em sequências turbidíficas, muito pobres em microfauna, sugerindo funcionamento muito activo deste canhão submarino (DIAS, 1987). Cores colhidos nos flancos do canhão, nesta zona, revelam, no estágio 2, taxas de acumulação grandes (20cm/kano) no flanco norte, e pequenas no flanco sul (1,6cm/kano), o que sugere acentuado desvio, para a direita, das correntes de turbidez, provavelmente devido à força de Coriolis (FAUGÈRES *et al.*, 1984).

5. A DEGLACIAÇÃO

Entre 13 e 11kanos BP verificaram-se profundas modificações no clima e na circulação atlânticas. Com efeito, foi nesta altura que a corrente do golfo penetrou até ao mar de Barrents, o que provocou o desaparecimento rápido dos gelos no mar ao largo da Europa ocidental (RUDDIMAN & MCINTYRE, 1973). Tal modificação induziu rápida subida latitudinal da circulação ciclónica (ROGNON, 1976, 1980) e recuo da frente polar para o NW do Atlântico (RUDDIMAN & MCINTYRE, 1981). Este período de aquecimento climático corresponde aos estádios de Bolling e Allerod (HAMMEN, 1957) ou Bolling-Allerod (MANGERUD, 1977; BERGLUND, 1979) na terminologia clássica do norte da Europa, e à fase IIIa de RUDDIMAN & MCINTYRE, 1981.

A temperatura das águas seria semelhante à actual, ou mesmo ligeiramente mais quente (DUPLESSY *et al.*, 1981). A flora acompanhou esta melhoria climática gradual. Dados referentes ao Golfo da Biscaya, mas que provavelmente se podem extrapolar para a generalidade do NW ibérico, indicam que a vegetação predominantemente herbácea (embora com alguns *Pinus*) foi substituída por vegetação de porte arbóreo (MENEZES-AMOR & FLORSCHUTZ, 1963; DUPLESSY *et al.*, 1981).

Nesta fase, na plataforma portuguesa, verificou-se subida muito rápida do nível do mar, tendo-se atingido a cota -40m (DIAS, 1985). Os estuários não teriam tempo de entrar em equilíbrio com o nível base que, progressivamente, se ia elevando, e a quantidade de sedimentos por eles debitados para a plataforma seria pequena e de tipo essencialmente fino (DIAS, 1987). Quer devido à rápida migração da linha de costa em direcção ao continente, quer devido ao tipo de sedimentação que era essencialmente fina, os traços morfológicos e sedimentológicos deixados na plataforma continental são pouco evidentes.

6. O DRYAS RECENTE

A seguir ao período de melhoria climática atrás referido verificou-se, há cerca de 11kanos, grande deterioração do clima, tendo as características de interglacial quente sido rapidamente substituídas por condições glaciais bem marcadas (DUPLESSY *et al.*, 1981). Verifica-se um arrefecimento generalizado das águas do Atlântico Norte, e a frente polar desce rapidamente, instalando-se à latitude da Galiza (RUDDIMAN *et al.*, 1977; RUDDIMAN & MCINTYRE, 1973, 1981), tendo-se verificado o desaparecimento do ramo setentrional da corrente do Golfo. A corrente fria do Labrador registou, também, um enfraquecimento, o que teria motivado um aquecimento na região do estreito de Hudson (MORNER, 1993).

Junto à Península Ibérica, a temperatura das águas na plataforma portuguesa dificilmente atingiria os 10°C. O tipo de vegetação dominante é sujeito a grandes modificações. Por exemplo, no litoral da Galiza há indicações de que a um clima litoral moderado, correspondente à fase anterior, se seguiu uma crise climática seca e fria, com desaparecimento brusca da maior parte da vegetação arbórea (NONN, 1966).

Esta fase (correspondente à fase IIIb de RUDDIMAN & MCINTYRE, 1981) está muito bem marcada na plataforma portuguesa, quer através de múltiplos elementos morfológicos, quer por extensos depósitos sedimentares de materiais bastante grosseiros e essencialmente terrígenos (DIAS & NITTRouer, 1984; QUEVAUVILLER & MOITA, 1986; DIAS, 1987; RODRIGUES & DIAS, 1989; MAGALHÃES & DIAS, 1992; ABRANTES *et al.*, 1994; RODRIGUES *et al.*, 1991). Efectivamente, os materiais depositados nas zonas estuarinas no decurso da fase anterior foram, em grande parte, transferidos para a plataforma continental durante esta fase devido à maior competência dos rios e ao abaixamento rápido do nível do mar. A maior parte das partículas grosseiras destes depósitos são caracterizadas quer por rolamento elevado, quer por pátinas avermelhadas que se desenvolveram no decurso de exposição subaérea (DIAS, 1987).

Sob as condições climáticas dominantes desde o máximo glaciário ter-se-ia desenvolvido um deserto litoral, a julgar pelos depósitos de vertente que testemunham um clima frio até ao nível actual do mar (GUILLIEN, 1962; DAVEAU, 1980, 1986), por vestígios de solifluxão heterométrica e outros indícios sedimentológicos no litoral minhoto (CARVALHO, 1964; 1983; CARVALHO *et al.*, 1982) e por algumas acumulações eólicas consolidadas principalmente no litoral do Alentejo e Algarve ocidental (PEREIRA, 1987; 1990). Teria sido neste ambiente de deserto litoral que as partículas sedimentares atrás aludidas adquiriram as pátinas avermelhadas que ainda hoje exibem. Grande parte dos carbonatos teria então sido dissolvido (o que se coaduna com a escassez de restos de moluscos nestes depósitos), sendo provável

que ocorressem fenómenos de consolidação de areias utilizando esse carbonato como matriz. Parte dos fragmentos de arenito com cimento carbonatado que frequentemente se encontram em amostras colhidas na plataforma continental a profundidades compatíveis teria aqui a sua origem.

Os traços morfológicos (designadamente plataformas de abrasão marinha, arribas e cordões litorais) submersos a profundidades entre 40 e 60m são muito abundantes e estão bastante bem conservados, tendo vindo, recentemente, a ser estudados visualmente através de operações com veículos de operação remota - ROV (*e.g.*: DIAS *et al.*, 1991, 1992). O desenvolvimento que as plataformas de abrasão e que as arribas apresentam só é explicável através de reocupações sucessivas pelo mar. Estas formas ter-se-iam mantido sem degradação apreciável devido à elevação muito rápida do nível do mar que se verificou após o Dryas recente.

7. O HOLOCÉNICO

O período frio e regressivo anterior terminou há cerca de 10kanos, tendo sido substituído por aquecimento climático generalizado e marcada transgressão. Esta modificação drástica marca o limite entre o Pleistocénico e o Holocénico (OLAUSSEN, 1984).

Na plataforma continental portuguesa, há 10kanos, verificou-se elevação muito rápida do nível do mar (Fig. 1), o qual teria subido cerca de 40m em apenas 2 000 anos (DIAS, 1985, 1987), razão de subida esta análoga à verificada na costa atlântica francesa (TERS, 1976). A migração da linha de costa teria sido de tal modo rápida que os processos costeiros não teriam conseguido destruir por completo as formas sedimentares litorais da fase anterior. A intensidade do "upwelling" costeiro parece ter sido menor do que actualmente no início do Holocénico (ABRANTES, 1991).

Sondagens efectuadas próximo do litoral actual, nomeadamente nas zonas vestibulares dos rios, revelam sequências transgressivas, por vezes espessas, que certamente estão associadas a esta rápida elevação do nível marinho e ao consequente assoreamento da parte terminal destes rios. Tais sondagens evidenciam mesmo, por vezes, oscilações ocorridas no decurso da elevação geral do nível do mar. É o que parece verificar-se, por exemplo, nos depósitos da foz do Leça (no litoral norte português) descritos por CARVALHO & RIBEIRO (1962).

Os traços deixados pela migração da linha de costa (designadamente plataformas de abrasão marinha, arribas e cordões litorais submersos a diferentes profundidades) têm vindo, recentemente, a ser investigados por inspecção visual através de mergulho com escafandro autónomo, principalmente no litoral da Arrábida (ERLIDES, 1992, PEREIRA & REGNAULD,

1994) onde, designadamente, foi encontrado um nível submerso a -7m a que os autores atribuem, de forma tentativa, idade de cerca de 6 kanos antes do Presente.

O mar ter-se-ia aproximado do nível actual entre 5 e 3 kanos BP (DIAS, 1990). Não se sabe, com precisão, quando é que o nível do mar chegou à cota actual. Segundo MOREIRA & PSUTY (1993) o nível do mar no Holocénico, "depois de ter observado períodos de aceleração diferentes, estacionou há 2300 anos". Todavia, não é possível generalizar estas conclusões porquanto se baseiam apenas no estudo de um sapal do estuário do Sado, e porque dados de outras zonas dão indicações diferentes (*e.g.*: BETTENCOURT, 1994, na Ria Formosa; GRANJA, 1990, no Minho). GRANJA (1990), apoiada em argumentos arqueológicos, geomorfológicos e sedimentológicos, sugere mesmo que, no Minho, o nível do mar teria atingido a cota actual entre 10 e 8 kanos, tendo-a mesmo ultrapassado no decurso do Holocénico, tendo-se atingido o nível máximo há 6,5 kanos. Aliás, ALVES (1996), também no litoral minhoto, defende a mesma hipótese de níveis do mar holocénicos superiores ao actual, baseado na existência de depósitos areno-lutíticos preservados nas margens dos estuários. Todavia, nas outras regiões do litoral português, não foram, até ao momento, encontrados indícios seguros da existência de níveis médios do mar holocénico superiores aos actuais.

Este tema das variações holocénicas do nível do mar é complexo. Efectivamente, num ambiente em que a amplitude da maré se aproxima dos 4m, em que a onda significativa dos temporais com período de retorno de 5 anos é, no Cabo da Roca, superior a 9m (PIRES & PESSANHA, 1986), e em que a sobrelevação de índole meteorológica pode atingir, anualmente, valores próximos, ou mesmo superiores, a 1m (TABORDA & DIAS, 1992; GAMA, *in press*), verifica-se que, mesmo actualmente, os indicadores do nível médio do mar se encontram dispersos por um espectro de cotas cuja variação é, pelo menos, de 4m. Como não há razões objectivas para considerar que as características ambientais aludidas sofreram, no decurso do Holocénico, modificações radicais, há que atribuir, em princípio, a cada vestígio de nível marinho detectado, uma margem de imprecisão de, pelo menos, 2 a 4m (principalmente quando há contrastes litológicos ou outras superfícies nítidas de fraqueza estrutural). A este propósito refere-se, por exemplo, que as cotas das plataformas de abrasão marinha podem localizar-se mais de 3 m em torno do nível médio do mar, e que a parte superior dos sapais no interior dos estuários e das lagunas pode estar localizada alguns metros acima da cota média do nível da água. Se, supletivamente, se tiver em atenção a influência inegável da neotectónica, verifica-se que muitas das discussões em torno dos níveis marinhos holocénicos perdem consistência, principalmente quando essas discussões têm por base uma hipotética precisão métrica ou inferior, e quando se não tem em atenção os

aspectos relacionados com regressões do tipo deposicional (em que o nível do mar se mantém estacionário ou em subida lenta).

Quando o mar atingiu a cota actual, a configuração do litoral era bastante diferente da que hoje conhecemos (Fig. 2-E), sendo caracterizada pela predominância de costa rochosa, por estuários amplos e por uma linha de costa muito recortada. A exportação significativa de materiais a partir dos estuários só começou mais tarde, dependendo da histerese da sedimentação estuarina de cada estuário. Iniciou-se, então, um período de activa rectificação da linha de costa, com erosão das partes salientes e intensa acumulação nas partes reentrantes, de que existem alguns casos exemplares que serão referidos à frente. Os pequenos estuários foram sujeitos a rápido assoreamento, o que, em associação com a intensa deriva litoral, os transformou em corpos lagunares do tipo estuarino.

8. O PERÍODO HISTÓRICO

A evolução histórica do litoral português tem vindo a ser estudada por exploração e comparação de mapas históricos (desde o sec. XIV até ao sec. XX), de documentação escrita, da toponímia, de dados arqueológicos, etc. Neste aspecto são principalmente de referir, entre muitos outros, os trabalhos já clássicos de GIRÃO (1941), BOLÃO (1943), MARTINS (1947), CASTELO-BRANCO (1957) e WEINHOLTZ (1978).

O caso da laguna de Aveiro é exemplar no que se refere à rápida evolução costeira e às consequências que esta evolução tem na ocupação humana. No sec. X apenas existia uma restinga a sul de Espinho (MARTINS, 1947; GIRÃO, 1951), correspondendo a área onde hoje se situa a laguna a um grande golfo com mais de 70km na parte externa e cerca de 20Km de largura na zona onde desagua o rio Vouga. Toda esta extensa área foi assoreada no decorrer de 7 séculos com um volume de areias presumivelmente superior a $20 \times 10^9 \text{m}^3$, a maior parte do qual, provavelmente, no sec. XV e seguintes (para se avaliar melhor a amplitude deste abastecimento sedimentar, refere-se que, segundo OLIVEIRA *et al.* (1982), a actual deriva litoral anual geralmente aceite para este sector é da ordem de 10^6m^3 /ano). A cidade de Aveiro, profundamente dependente da laguna e das suas instalações portuárias, conheceu o apogeu no sec. XVI, contando em 1575 com 14 000 habitantes, situando-se então a barra quase frente à cidade. À medida que a barra foi migrando para sul e se foi pronunciando o assoreamento lagunar, a cidade foi-se degradando, tendo apenas 10 000 habitantes em 1685, 5 300 em 1736, 4 400 em 1766 e somente 3 500 em 1797, isto é, um quarto de dois séculos antes (OLIVEIRA, 1983). Aveiro apenas conseguiu recuperar

algun do seu antigo esplendor quando, no século passado, se abriu a barra artificial que dá acesso directo à cidade.

A evolução do litoral foi, por certo, fortemente influenciada pelas pequenas oscilações climáticas históricas, sucedendo-se os períodos de transgressão deposicional e regressão erosiva. Simultaneamente, é muito provável que se tenham verificado pequenas variações do nível do mar, mas os dados existentes sugerem que as variações no abastecimento sedimentar foram determinantes. Aliás, aparentemente, as consequências dos dois factores teriam sido convergentes, isto é, é possível que o nível marinho tenha descido ligeiramente nos períodos de maior abastecimento sedimentar.

Vários autores interpretam os documentos antigos sobre a navegabilidade dos rios como indicativos de altos níveis marinhos. No entanto, tais informações têm de ser tomadas com bastante precaução pois que, por um lado, tem de se ter em atenção os calados dos navios aí utilizados nessas épocas, e por outro, a navegabilidade está essencialmente associada ao assoreamento.

Desconhece-se quando é que se começou a verificar o intenso abastecimento sedimentar ao litoral português responsável pelas grandes acumulações arenosas costeiras actualmente existentes. É possível que um dos primeiros períodos de grande abastecimento tenha ocorrido por volta do sec. X, pelo menos na parte norte-portuguesa. Entre outros indícios deste facto referem-se: a) no depósito lodoso existente na plataforma continental média a externa ao largo do Porto as taxas de acumulação parecem ter sido muito elevadas neste período (DRAGO, 1995; DRAGO *et al.*, 1995); b) a principal fase de assoreamento da lagoa de Ovil parece ter-se verificado nesta altura pois que a um nível argiloso mais antigo, que integra muitas conchas, se sobrepõe um nível argilo-turfoso cuja datação radiocarbono é de 1150 ± 45 anos BP, sobre o qual existem raízes de árvores com 1050 ± 40 anos BP (ALVES *et al.*, 1988/89); c) a análise dos mapas históricos indica que, no sec. X, existia já, a sul de Espinho, uma restinga arenosa (GIRÃO, 1941; MARTINS, 1947), cuja evolução posterior viria a fechar um grande golfo, dando origem à laguna de Aveiro.

O período entre os sec. XI e XV, frequentemente apelidado por Pequeno Ótimo Climático, parece ter correspondido a um certo enfraquecimento do abastecimento sedimentar ao litoral, sendo possível que se tenha verificado, simultaneamente, ligeira elevação do nível marinho (DIAS, 1990). Na parte final deste período parece ter-se verificado intensificação do abastecimento sedimentar, presumivelmente devido à significativa expansão da agricultura, com arroteamento de terras de mato e destruição do coberto vegetal.

O último grande período construtivo do litoral português parece ter-se verificado entre os séculos

XVI e XIX, que muitos autores designam por Pequena Idade do Gelo, e durante o qual os impactos das actividades antrópicas na sedimentogénese começaram a ser bem evidentes. Entre os muitos casos que poderiam ser referidos apontam-se, a título de exemplo, os das lagoas de Óbidos e de Alfeizerão. Na primeira, o incremento das actividades agrícolas constituiu, inegavelmente, forte factor de assoreamento. O assoreamento progressivo da lagoa e dos rios que a ela confluem, bem como as cíclicas cheias e inundações que impediam um conveniente aproveitamento das várzeas, levou a que se efectuassem obras de rectificação dos cursos de água e abertura de valas, obras estas que terminaram em 1573 (TRINDADE, 1985). Tais obras implicaram a movimentação e desestabilização de grandes volumes de terras, os quais, no decurso das cheias posteriores, acabaram por ser transportados para a lagoa. Desde então até à actualidade o ciclo de obras - assoreamento continuou de forma cada vez mais grave, encontrando-se actualmente o corpo lagunar em situação de extremo assoreamento.

No caso da lagoa de Alfeizerão o incremento das actividades agrícolas foi, também, determinante para o assoreamento e para a grande redução de área deste corpo lagunar. Efectivamente, Alfeizerão (actualmente uma povoação interior) era um porto com relativa importância até ao sec. XVI, com capacidade para abrigar várias dezenas de navios (LOUREIRO, 1904). Nesse século, o assoreamento tornou o porto inoperacional, tendo as suas actividades sido transferidas para Salir do Porto, próximo da abertura da lagoa, o qual viria a ser também assoreado, transferindo-se as instalações portuárias para S.Martinho do Porto. Para avaliar da importância deste porto refira-se que em 1857 ainda ali estavam em construção nos seus estaleiros 6 a 7 navios, alguns de 3 mastros (LOUREIRO, 1904). Aparentemente, o assoreamento foi aqui agravado pelos deslastramentos dos navios, o que obrigou a que, em 1775, se proibissem dentro do porto as descargas de lastros. Aliás, não é raro encontrar ainda na região fragmentos de rochas com litologias aí inexistentes. Actualmente, o corpo lagunar apresenta uma área 50 vezes menor do que a área que teria no sec. XV, sem qualquer importância portuária, estando reduzido a uma pequena baía interior, de forma perfeitamente hemi-circular devido à difracção da onda na barra.

Foi nesta segunda metade do presente milénio que, entre muitos outros casos, se completou a formação da grande Laguna de Aveiro (GIRÃO, 1941; MARTINS, 1947; ABECASSIS, 1955); se constituíram, possivelmente, os istmos arenosos que ligaram a terra as ilhas do Baleal e de Peniche (CALADO, 1994); se verificou a cobertura, por dunas, das necrópoles medievais de Fão e de Chafé (GRANJA, 1990; GRANJA & CARVALHO, 1993); se constituiu a laguna de Alvôr (PEREIRA *et al.*, 1994); se verificou o assoreamento e fecho da grande maioria das lagunas do tipo estuarino

(Óbidos, Albufeira, Melides, Santo André, etc.) ficando apenas com ligação esporádica ao mar, geralmente aberta artificialmente (DIAS, 1987; 1990; FREITAS, 1989; HENRIQUES, 1996); e se verificou assoreamento pronunciado dos corpos estuarinos.

Na realidade, não é fácil identificar, com precisão, as causas do forte abastecimento sedimentar que, neste período, se verificou no litoral português. Muito provavelmente, verificou-se a convergência de vários factores, frequentemente interrelacionados, entre os quais se podem destacar: a pequena variação climática designada por Pequena Idade do Gelo; o provável pequeno abaixamento do nível médio do mar; o crescimento demográfico que teve como consequência desflorestações significativas; a expansão da agricultura que conduziu à ocupação de grandes áreas de terras de mato e à destruição do coberto vegetal; o aumento da capacidade de intervenção nos sistemas, designadamente através de acções de desassoreamento, rectificação de cursos de água, drenagem de áreas pantanosas, ampliação de zonas portuárias, abertura de barras artificiais, etc.. A importância relativa de cada um destes factores não foi, ainda, minimamente quantificada.

9. O SÉCULO XX

Actualmente decorre uma fase de características marcadamente transgressivas, induzida quer pelas consequências das actividades humanas nas bacias hidrográficas drenantes e no próprio litoral (DIAS, 1990), quer pela elevação secular do nível do mar (TABORDA & DIAS, 1988; TABORDA & DIAS, 1992).

Estimativas da percentagem de recuo da linha de costa directamente atribuível à actual elevação do nível do mar, obtidas em vários pontos do litoral (FERREIRA *et al.*, 1990; ANDRADE, 1990; TEIXEIRA, 1990; FERREIRA, 1993), convergem na indicação de que essa elevação é uma causa menor do recuo verificado, justificando apenas cerca de 10% desse recuo.

A erosão costeira actualmente existente em Portugal deve-se, essencialmente, a fortes deficiências de abastecimento sedimentar causadas por múltiplas actividades antrópicas nas bacias drenantes, nas zonas estuarinas e no próprio litoral. A este propósito refere-se, apenas como exemplo, o caso do rio Douro, principal abastecedor sedimentar da costa norte portuguesa, cuja bacia hidrográfica está afectada por mais de 70 barragens (com uma capacidade de armazenamento superior a $9\,000 \times 10^6 \text{ m}^3$), as quais interrompem quase por completo o trânsito fluvial de areias e regularizam os caudais hídricos deste rio. Em consequência destas e de outras intervenções, o rio Douro, que em regime natural debitaria cerca de $1,8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ de carga sólida transportada junto ao fundo, teve esse valor reduzido para cerca de

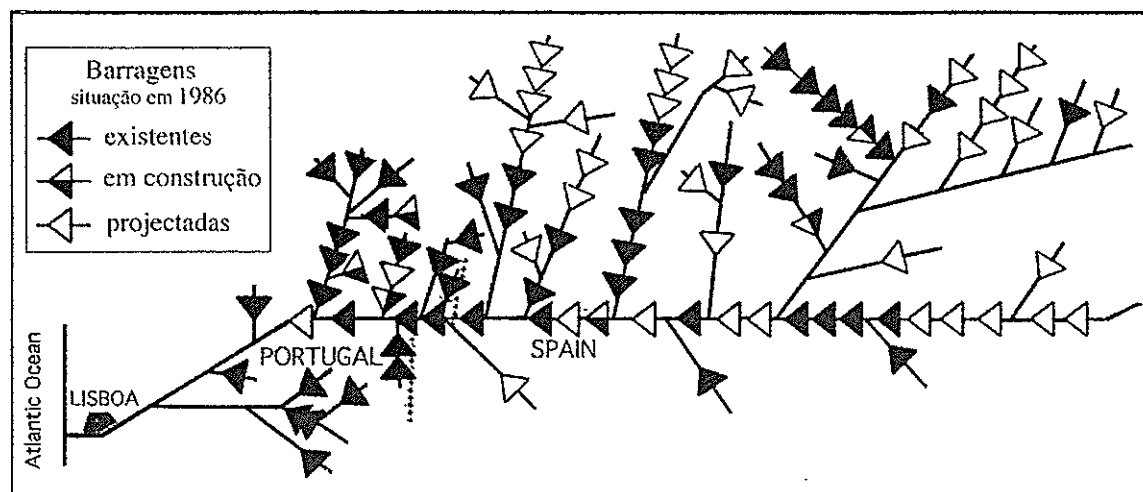


Fig. 3 - Esquema de localização das barragens existentes, em construção e projectadas (em 1986) na bacia do rio Tejo.

Fig. 3 – Location of the existing, in construction and projected dams in the the river Tagus basin in 1986.

$0,25 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ (OLIVEIRA *et al.*, 1982). Cumulativamente, as extracções de inertes e as dragagens portuárias têm sido, no troço inferior deste rio, incluindo o estuário, bastante intensivas, atingindo valores da ordem de $1,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ no início da década de 80.

O caso do rio Douro é apenas exemplificativo, pois o mesmo se verifica, embora com amplitudes diversificadas, em praticamente todos os rios portugueses. Na Fig. 3 está representada a situação, no que se refere a barragens, da bacia hidrográfica do rio Tejo.

Em consequência das barragens construídas ao longo deste século, a área directamente drenada para o litoral português reduziu-se mais de 85% (Dias, 1990). Assim, a principal causa do actual comportamento transgressivo do litoral português é, indubitavelmente, a redução do abastecimento sedimentar causada pelas intervenções antrópicas nos rios e estuários.

As intervenções antrópicas efectuadas no litoral agravam fortemente a situação descrita. É o caso, designadamente, dos molhes dos portos que, por interromperem a deriva litoral, induzem a sotamar recuos da linha de costa muito grandes.

Foi o que se aconteceu a sul dos molhes de Aveiro, na zona da Costa Nova, onde, em consequência da construção e posterior prolongamento dos molhes, se verificaram recuos superiores a 100m entre 1947 e 1958, da ordem de 200m entre 1958 e 1973, e de quase 100m entre 1973 e 1978 (CASTANHO *et al.*, 1981), tendo-se obviado o problema com a construção de um enrocamento longilitoral contínuo associado a um campo de esporões. Todavia, a sul destas estruturas, a intensificação da erosão costeira é extraordinariamente preocupante. Embora com menor amplitude, o

recoo amplificado da linha de costa a sotamar dos molhes de entrada dos portos é uma constante, designadamente na Figueira da Foz (e.g.: ABECASIS *et al.*, 1970; DUARTE & REIS, 1992) e em Quarteira (e.g.: BETTENCOURT, 1985; DIAS & NEAL, 1992; CORREIA, 1996).

Simultaneamente, verifica-se amplificação do assoreamento nos corpos lagunares e estuarinos. Tal deve-se, provavelmente, a quatro factores principais: a) cascatas de barragens nos rios portugueses, em consequência das quais existe actualmente menor frequência de cheias e caudais de pico de cheia com valores bastante mais modestos do que em regime natural, tendo-se, assim, diminuído, de forma dástica, o efeito erosivo e desassoreador das cheias nos estuários; b) elevação do nível médio do mar, o qual está actualmente cerca de 13 cm acima do nível de 1920, o que provoca assoreamento amplificado nos estuários e nos corpos lagunares, no sentido de se atingir o equilíbrio com o novo nível de base; c) intervenções nas bacias hidrográficas (desflorestações, agricultura, movimentações de terras, etc.) que induzem maiores caudais sólidos fluviais, dos quais as areias ficam retidas nas albufeiras das barragens, só transitando para juzante os sedimentos finos que, em grande parte, se vão depositar nos estuários e lagunas; d) dragagens estuarinas e lagunares, que ressuspendem grandes quantidades de materiais finos que acabam por se depositar nas zonas não intervencionadas.

Explica-se, assim, que as taxas de assoreamento tenham vindo a aumentar ao longo deste século. Na zona montante do estuário do Tejo, por exemplo, as taxas de sedimentação quase duplicaram da primeira para a segunda metade deste século, atingindo $1,7\text{cm/ano}$ entre 1964 e 1986 (FREIRE & ANDRADE, 1993). Mesmo no estuário do Sado, bastante mais

modesto do que o do Tejo (em termos de bacia hidrográfica e de caudais), a acumulação de materiais pelíticos na plataforma de preamar do estuário atingiu, em média, na década de 80, a espessura de 2mm/ano (MOREIRA, 1992).

10. CONCLUSÕES

Os grandes traços da evolução da linha de costa, em Portugal, desde o último máximo glaciário, são, actualmente, razoavelmente conhecidos. Esse conhecimento foi adquirido, essencialmente, nas duas últimas décadas.

Verificam-se, todavia, grandes assimetrias, quer ao nível espacial, quer temporal, no conhecimento da evolução aludida. Efectivamente, constata-se que existe um conhecimento bastante maior da plataforma continental norte portuguesa, do que da plataforma sul. Nalguns sectores da plataforma continental, como o de Cabo Raso - Peniche, quase não foram, ainda, efectuados trabalhos de reconhecimento. Noutros, como o do Alentejo e do Algarve, apesar de haver reconhecimentos regionais, não foram ainda efectuados trabalhos de pormenor. Esta situação torna difícil a interpretação dos dados existentes, e arriscada a generalização dos resultados.

Estas assimetrias espaciais existem também na zona costeira actual. Alguns troços costeiros, como o de Espinho - Cabo Mondego, têm vindo a ser estudados com bastante pormenor, enquanto noutros sectores, como o do Alentejo e costa vicentina, quase não existem trabalhos específicos.

Como se referiu, verificam-se, também, grandes assimetrias ao nível temporal. Existem, já, bastantes elementos sobre a evolução da linha de costa durante o glaciário e a deglaciação. Todavia, existe um desconhecimento quase completo sobre a evolução durante o Holocénico inferior, designadamente durante o Óptimo Climático. A escassez de dados tem conduzido a interpretações e conclusões aparentemente contraditórias, como as que se referem ao momento em que o nível médio do mar atingiu a cota actual.

Também a evolução da linha de costa durante os tempos históricos é, ainda, pouco conhecida, principalmente nos períodos anteriores ao século XVI. Pode afirmar-se que as consequências das pequenas oscilações climáticas históricas são, em Portugal, quase completamente desconhecidas, existindo apenas hipóteses de trabalho. Pelo contrário, os conhecimentos referentes aos séculos mais recentes (em que a documentação escrita e cartográfica vai sendo progressivamente mais abundante) são, já, bastante significativos, particularmente nas zonas com maiores densidades demográficas. A evolução da linha de costa ao longo deste século é bastante bem conhecida.

BIBLIOGRAFIA

- ABECASIS, C.K. (1955) - The history of a tidal inlet and its improvement (the case of Aveiro, Portugal). *Proc. 5th. Conf. Coastal Engineering*, p. 329-363.
- ABECASIS, F., CASTANHO, J.P. & MATIAS, M.F. (1970) - *Coastal regime. Carriage of material by swell and currents. Model studies and in situ observations. Influence of port structures. Coastal defense works. Breakwaters*. Memória do LNEC nº362, Lisboa.
- ABRANTES, F. (1991) - Variability of upwelling off Portugal during the last glaciation: Diatom evidence. *Paleoceanography*, 6(4), p.431-460.
- ABRANTES, F. (1991) - Increased upwelling off Portugal during the last glaciation: Diatom evidence. *Marine Micropaleontology*, 17, p. 285-310.
- ABRANTES, M. I. R. (1994) - *A Cobertura Sedimentar da Plataforma e da Vertente Continental Superior entre Espinho e Aveiro*. Tese de mestrado, Univ. Aveiro, Aveiro, 178p.
- ABRANTES, I., MAGALHÃES, F. & DIAS, J. M. A. (1994) - Characterization of the surface sediments of the continental shelf and upper slope between Espinho and Aveiro. *Gaia*, 8, Lisboa, p. 97-104.
- ALVES, A.M.C. (1996) - *Causas e Processos da Dinâmica Sedimentar na Evolução Actual do Litoral do Alto Minho*. Tese de Doutoramento, Univ. Minho, 438p.
- ALVES, F.J.S., DIAS, J.M.A., ALMEIDA, M.J.R., FERREIRA, Ó. & TABORDA, R. (1988/89) - A armadilha de pesca da época romana descoberta na praia de Silvalde (Espinho). *O Arqueólogo Português*, série IV, 6/7, Lisboa, p. 187-226.
- ANDRADE, C.F. (1990) - *O Ambiente de Barreira da Ria Formosa (Algarve - Portugal)*. Tese de doutoramento, Univ. Lisboa, Lisboa, 654p.
- BERGLUND, B.E. (1979) - The deglaciation of Southern Sweden 13,500-10,000 B.P. *Boreas*, 8, p. 89-118.
- BETTENCOURT, P. (1985) - *Géomorphologie et processus d'évolution récente de la Côte Sotavento (Algarve, Portugal)*. Tese D.E.A., Univ. Bordeaux, Bordeaux, 92p.
- BETTENCOURT, P. (1994) - *Les Environnements Sedimentaires de la Côte Sotavento (Algarve, Sud Portugal) et leur Évolution Holocène et Actuelle*. Tese de doutoramento, Univ. Bordeaux, Bordeaux.
- BOLÉO, J.O. (1943) - *Ensaio sobre Morfologia Litoral*. ed. autor, 122p., Lisboa.
- CALADO, M. (1994) - *Da Ilha de Peniche*. ed. autor, Peniche, 117p.
- CARVALHO, A.M.G. & RIBEIRO, A. (1962) - Geologia dos depósitos pós-wurmianos da foz do Leça. *Bol.Mus.Lab. Min. Geol.Fac.Ciências*, 9(1), Lisboa, p. 53-74.
- CARVALHO, G. S. (1964) - Arcias da Gândara. Uma formação eólica quaternária. *An.Fac.Ciências do Porto*, 46:732, Porto.
- CARVALHO, G. S. (1983) - Consequências do frio durante o Quaternário na faixa litoral do Minho (Portugal). *Cuadernos Lab.Xeol.Laxe*, 5, p. 365-380.
- CARVALHO, G. S., LEMOS, F.S. & MEIRELES, J. (1982) - Estratigrafia do Quaternário e o Paleolítico do litoral minhoto (Portugal). *Cadernos de Arqueologia*, 2, Braga, p. 75-85.
- CASCALHO, J., MAGALHÃES, F., DIAS, J. M. A. & CARVALHO, A.G. de (1994) - Sedimentary unconsolidated cover of the Alentejo continental shelf (First results). *Gaia*, 8, Lisboa, p. 113-118.
- CASTANHO, J. P., GOMES, N., OLIVEIRA, I. M. & SIMÕES, J.P. (1981) - Coastal erosion by harbour works on the Portuguese coast and corrective measures. 24th International Navigation Congress, P.I.A.N.C., Edinburgh.
- CASTELO-BRANCO, F. (1957) - Alguns aspectos da evolução do litoral português. *Bol.Soc.Geograf.Lisboa*, nº7/9, Lisboa.
- CORREIA, F. (1996) - Estudo do recuo das arribas a Leste de Quarteira (Algarve, Portugal) por restituição fotogramétrica. Tese de mestrado, Univ. Algarve, 83p.

- COUDÉ, A., COUDÉ-GAUSSSEN, G. & DAVEAU, S. (1983) - Nouvelles observations sur la glaciation des montagnes du Nord-Ouest du Portugal. *Cuadernos Lab.Xeol.Laxe*, 5, p. 381-393.
- COUDÉ-GAUSSSEN, G. (1978) - La glaciation du Minho (Portugal) au Pleistocène récent dans son contexte paléogéographique local et régional. *Géol.Méditerran.*, 5(3), p. 339-358.
- DAVEAU, S. (1973) - Quelques exemples d'évolution quaternaire des versants au Portugal. *Finisterra*, 15, Lisboa, p. 5-47.
- DAVEAU, S. (1980) - Espaço e tempo: Evolução do ambiente geográfico de Portugal ao longo dos tempos pré-históricos. *Clio*, 2, p. 13-37.
- DAVEAU, S. (1986) - Signification paléoclimatique du modèle glaciaire et périglaciaire quaternaire au Portugal. In: F.Lopez-Vera, ed., *Quaternary Climate in Western Mediterranean*, Univ.Auton.Madrid, Madrid, p.81-93.
- DIAS, J. M. A. (1985) - Registos da migração da linha de costa nos últimos 18 000 anos na plataforma continental portuguesa setentrional. *Actas da 1 Reunión Quaternário Ibérico*, I, Lisboa, p. 281-295.
- DIAS, J. M. A. (1987) - *Dinâmica Sedimentar e Evolução Recente da Plataforma Continental Portuguesa Setentrional*. Tese de doutoramento, Univ. Lisboa, Lisboa, 384p. e anexos.
- DIAS, J. M. A. (1990) - A Evolução Actual do Litoral Português. *Geonovas*, 11, p. 15-28, Lisboa., Reeditado em *Protecção Civil*, III(10), Lisboa, p. 2-15.
- DIAS, J. M. A. & NEAL, W. J. (1992) - Sea cliff retreat in southern Portugal: profiles, processes, and problems *Journal of Coastal Research*, 8(3), p. 641-654.
- DIAS, J. M. A. & NITTROUER, C. A. (1984) - Continental shelf sediments of northern Portugal. *Continental Shelf Research*, 3(2), p. 147-155.
- DIAS, J. M. A., RODRIGUES, A., RIBEIRO, A. & TABORDA, R. (1991) - Utilização do ROV no estudo da dinâmica sedimentar da plataforma continental portuguesa setentrional. *Gaia*, 3, p. 9.
- DIAS, J. M. A., RODRIGUES, A., RIBEIRO, A. & TABORDA, R. (1992) - The ROV Observation of Geomorphological Accidents related to the Sedimentary Dynamics of the North Portuguese Continental Shelf. *29th. International Geological Congress*, Kyoto, Japão, Abstracts, vol.2, p.370.
- DIAS, J. M. A. & TABORDA, R. (1988) - Evolução recente do nível médio do mar em Portugal. *Anais do Instituto Hidrográfico*, 9, Lisboa, p. 83-97.
- DIAS, J. M. A. & TABORDA, R. (1992) - Tide-Gauge Data in Deducing Sea Level and Crustal Movements in Portugal. *Journal of Coastal Research*, 8(3), Fort Lauderdale, FL, p. 655-659.
- DUARTE, D. N. & REIS, R. P. (1992) - Estudo preliminar da evolução da linha de costa adjacente à embocadura do estuário do Mondego entre 1801 e 1989. Estimativas das taxas de acreção e erosão costeiras. *III Congr.Geol.España e VIII Congr. Latinoamer.Geologia*, 2, p. 146-150.
- DUPLESSY, J. C., DELIBRIAS, G., TURON, C. & DUPRAT (1981) - Deglacial warming of the Northeastern Atlantic Ocean. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, 35, p. 121-144.
- DRAGO, T. (1995) - *La vasière Ouest-Douro sur la Plateforme Continentale Nord-Portugaise. Role, Fonctionnement, Évolution*. Tese de doutoramento, Univ. Bordeaux I, Bordeaux, 232p.+Anexos.
- DRAGO, T., JOUANNEAU, J.M., DIAS, J.M.A. & PRUD'HOMME, R. (1995) - Os factores condicionantes da existência e alimentação do complexo silto-argiloso situado a Oeste do Douro. *Memórias do Mus. Lab. Min. Geol. Fac.Ciências Porto*, 41, Porto, p. 917-921.
- ERLIDES (1992) - Découverte d'un niveau marin submergé le long de la chaîne de l'Arrabida, Portugal. *Finisterra*, XXVII(53-54), p. 183-186.
- FATELA, F. (1994) - *Contribution des Foraminifères benthiques profonds à la reconstitution des paléoenvironnements du Quaternaire récent de la Marge Ouest Ibérique*. Thèse de Doctorat, Univ. Bordeaux I, 241p.
- FATELA, F., DUPRAT, J. & PUJOS, A. (1994) - How Southward migrated the polar front, along the West Iberian margin, at 17,800 years BP? *Gaia*, 8, p. 169-174.
- FAUGÈRES, J.C., GONTHIER, E., PUJOL, C., DEVAUX, M. & PHILLIPS, I. (1984) - La mission Facgas IV: Premiers résultats sur les sédiments profonds de la marge Ouest-Ibérique, du golfe de Cadix et de la mer d'Alboran. *Bull.Inst.Geol.d'Aquitaine*, 36, Bordeaux, p. 67-83.
- FERREIRA, Ó. (1993) - *Caracterização dos Principais Factores Condicionantes do Balanço Sedimentar e da Evolução da Linha de Costa entre Aveiro e o Cabo Mondego*. Tese de mestrado, Univ. Lisboa, Lisboa, 168p..
- FERREIRA, Ó., DIAS, J. M. A. & TABORDA, R. (1990) - Importância relativa das acções antrópicas e naturais no recuo da linha de costa a sul de Vagueira. 1º *Simp. Protecç. Revaloriz. Faixa Cost. Minho ao Liz*, Porto, p.157-163.
- FREIRE, P. & ANDRADE, C. (1993) - Evolução sedimentar recente da zona montante do estuário do Tejo. *Actas da 3ª Reun.Quatern.Ibérico*, p.247-255.
- FREITAS, M. C. P. (1989) - *Lagoa de Óbidos. Morfosedimentogénese aplicada*. Tese de Mestrado, Univ.Lisboa, 239p.
- GAMA, C. M. P. (in press) - *Caracterização do fenómeno da sobre-elevação do nível do mar de origem meteorológica em Portugal continental. Efeito amplificador deste fenómeno sobre as variações volumétricas de sedimentos nas praias da Comporta, S.Torpes, Odeceixe e Arrifana*. Tese de Mestrado Univ. Lisboa.
- GIRÃO, A. de Amorim (1941) - *Geografia Ilustrada*. Portucalense editora. Porto, 479p.
- GRANJA, H. M. P. (1984) - *Étude Géomorphologique, Sédimentologique et Géochimique de la "Ria Formosa" (Algarve, Portugal)*. Thèse 3ème cycle, Univ. Bordeaux I, Bordeaux, 254p.
- GRANJA, H. M. P. (1990) - *Repensar a Geodinâmica da Zona Costeira: O Passado e o Presente; Que Futuro? (O Minho e o Douro Litoral)*. Tese de doutoramento, Univ. Minho, Braga, 347p.
- GRANJA, H. M. & CARVALHO, G. S. (1992) - Dunes and Holocene deposits of the coastal zone of Portugal, north Mondego cape. In: R.G.W.Carter, T.G.F.Curtis & M.J.Sheehey-Skeffington eds., *Coastal Dunes (Geomorphology, Ecology and Management for Conservation)*, Balkema, Rotterdam, pp.43-50.
- 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 3ª Reun.Quatern.Ibérico*, p.383-393.
- GRANJA, H. M. & CARVALHO, G. S. (1995) - Sea-level changes during the Pleistocene-Holocene in the NW coastal zone of Portugal. *Terra Nova*, 7, p. 60-67.
- GRANJA, H. M. & DE GROOT, T. A. M. (1996) - Sea-Level Rise and Neotectonism in a Holocene Coastal Environment at Cortegaça Beach (NW Portugal): a Case Study. *Journal of Coastal Research*, 12(1), p. 160-170.
- GUILLIEN, Y. (1962) - Néoglaciale et tardiglaciaire: Géochimie, Palynologie, Préhistoire. *Ann. Géograph.*, 383, p. 1-35.
- HAMMEN, van der (1957) - The stratigraphy of the Late-Glacial. *Geol.Mijnb.*, 19, p. 250-254.
- HENRIQUES, M. V. F. J. R. (1996) - A faixa litoral entre Nazaré e Peniche. Unidades geomorfológicas e dinâmica actual dos sistemas litorais. Tese de Doutoramento, Univ. Évora, 575p.
- KUDRASS, V. H. & THIEDE, J. (1970) - Stratigraphisch Untersuchungen an Sedimentkernen des Ibero-marokkanischen Kontinentalrandes. *Geologische Rundschau*.
- LEBREIRO, S. M., MORENO, J. C., MCCAVE, I.N. & WEAVER, P. E. (1996) - Evidence for Einrich layer off Portugal (Tore Seamount: 39°N, 12°W). *Marine Geology*, 131, p. 47-56.
- LOUREIRO, A. (1904) - *Os Portos Marítimos de Portugal e Ilhus Adjacentes*. Imprensa Nacional, vol.II, Lisboa, 312p.
- MAGALHÃES, F. M. Q. (1993) - *A Cobertura Sedimentar da Plataforma e da Vertente Continental Superior a Norte de Espinho*. Tese de mestrado, Univ. Lisboa, Lisboa, 191p.

- MAGALHÃES, F. & DIAS, J. M. A. (1992) - Depósitos Sedimentares da Plataforma Continental a Norte de Espinho. *Gaia*, 5, Lisboa, p. 6-17.
- MANGERUD, J. (1977) - Late Weischelian marine sediments containing shells, foraminifera, and pollen, at Agotnes, Western Norway. *Nor. Geol. Tidsskr.*, 57, p. 23-54.
- MARTINS, A.F. (1947) - A configuração do litoral português no último quartel do século XIV. *Biblos*, XXII(1), p. 163-197.
- MCINTYRE, A., KIPP, N.C., BE, A.W., CROWLEY, T., KELLOG, T., GARDNER, J.V., PRELL, W. & RUDDIMAN, W.F. (1976) - Glacial North Atlantic 18,000 years ago: a CLIMAP reconstruction. *Geol. Soc. Am. Memoir* 145, p. 43-76.
- MENENDEZ-AMOR, J. & FLORSCHUTZ, F. (1963) - Sur les éléments stepiques dans la végétation quaternaire de l'Espagne. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 61, Madrid, p. 121-133.
- MOITA, I. (1971) - Sedimentos da plataforma continental e vertente superior ao largo de Sines. 1º Congr. Hispano-Luso-Americano de Geol. Económica, 6, Madrid, p. 281-299.
- MOITA, I. (1986) - *Notícia Explicativa da Folha SED 7 e 8 da Carta dos Sedimentos Superficiais da Plataforma Continental (Cabo de S. Vicente ao Rio Guadiana)*. Instituto Hidrográfico, Lisboa.
- MOLINA-CRUZ, A. & THIEDE, J. (1978) - The glacial eastern boundary current along the Atlantic Eurafican continental margin. *Deep-Sea Res.*, 25, p. 337-356.
- MONTEIRO, J. H., DIAS, J. M. A., GASPAS, L.C. & POSSOLO, A. M. (1982) - Recent marine sediments of the Portuguese continental shelf. In: *Actual Problems of Oceanography in Portugal*, JNICT, Madrid, p.89-96.
- MONTEIRO, J. H. & MOITA, I. (1971) - Morfologia e sedimentos da plataforma continental e vertente continental superior ao largo de Setúbal. 1º Congr. Hispano-Luso-Amer. de Geol. Económica, 6, Madrid, p. 301-330.
- MOREIRA, M. E. S. A. (1992) - Recent saltmarsh changes and sedimentation rates in the Sado estuary. *Journal of Coastal Research*, 8(3), p. 631-640.
- MOREIRA, M. E. S. A. & PSUTY, N.P. (1993) - Sedimentação holocénica no estuário do Sado. Nota Preliminar. *Actas da 13ª Reunião Quaternária Ibérica*, Lisboa, p. 289-295.
- MORNER, Nils-Axel (1988) - Terrestrial variations within given energy, mass and momentum budgets; paleoclimate, sea level, paleomagnetism, differential rotation and geodynamics. In: F.R. Stephenson & A.W. Wolfendale (eds.) *Secular Solar and Geomagnetic Variations in the Last 10,000 Years*, p. 455-478.
- MORNER, Nils-Axel (1994) - Internal response to orbital forcing and external cyclic sedimentary sequences. *Spec. Publs Int. Ass. Sediment.*, 19, p. 25-33.
- MUSELLEC, P. (1974) - *Géologie du plateau continental portugais au nord du cap Carvoeiro*. Tese de 3º Cycle, Univ. Rennes, Rennes, 170p.
- NASCIMENTO, A. & SILVA, P. (1989) - Primeira notícia sobre ostracodol glaciários na vertente continental superior do Minho. *Gaia*, 1, Lisboa, p. 25-27.
- NONN, H. (1966) - *Les régions côtières de la Galice (Espagne)*. Strasbourg, 591p.
- Olausson, E. (1985) - The Glacial oceans. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, 50, p. 291-301.
- OLIVEIRA, I. B. M., VALLE, A. J. S. F. & MIRANDA, F. C. C. (1982) - Littoral problems in the Portuguese West Coast. *Coastal Engineering*, 3, p. 1950-1969.
- OLIVEIRA, O. O. (1983) - *Origens da ria de Aveiro*. Ed. Camara Municipal de Aveiro, Aveiro, 60p.
- PEREIRA, A.R. (1987) - Acumulações arenosas eólicas consolidadas do litoral do Alentejo e Algarve ocidental. Centro de Estudos Geográficos, Linha de Acção de Geografia Física, Rel.27, 113p.
- PEREIRA, A. P. R. R. (1990) - A Plataforma Litoral do Alentejo e Algarve Ocidental. Estudo de Geomorfologia. Tese de doutoramento, Univ. Lisboa, Lisboa, 450p. + Anexo.
- PEREIRA, A.R., DIAS, J. M. A. & LARANJEIRA, M. M. (1994) - Evolução holocénica da linha de costa na baía de Lagos. In: Contribuições para a Geomorfologia e Dinâmica Litorais em Portugal, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, p.75-89.
- PEREIRA, A.R. & REGNAUD, H. (1994) - Litorais quaternários (emersos e submersos) na extremidade sudoeste da Arrábida (Portugal). In: Contribuições para a Geomorfologia e Dinâmica Litorais em Portugal, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, p.55-73.
- PIRES, H. & PESSANHA, L. (1986) - Estima da distribuição de probabilidades dos valores extremos utilizando séries climatológicas curtas. *Revista do INMG*, 24p.
- PUJOL, C. (1980) - *Les Foraminifères Planctoniques de l'Atlantique Nord au Quaternaire*. Ecologie-Stratigraphie-Environnement. Tese de doutoramento, Univ. Bordeaux I, Mémoires IGBA nº10, Bordeaux, 254p.
- PUJOL, C. & TURON, J. L. (1974) - Paléoclimatologie et stratigraphie du Quaternaire terminal du Golfe de Gascogne déduites de l'analyse des foraminifères planctoniques et des ensembles sporopolliniques des sédiments marins. *Boreas*, 3, p. 25-31.
- QUEVAUVILLER, Ph. (1986) - Une relation paléorivage - morphologie de la plate-forme continentale. *Journ. Rech. Océan.*, 11(2), p. 54-55.
- QUEVAUVILLER, Ph. (1986) - Histoire Holocène d'un système transgressif: la plate-forme du Nord Alentejo (Portugal). *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, 40, p. 85-95.
- RAYNAL, R. (1985) - Répartition géographique des héritages périglaciaires quaternaires au Portugal et à Madère. *Biuletyn Peryglacialny*, 31, Lodz.
- RODRIGUES, A. & DIAS, J. M. A. (1989) - Evolução pós-glaciária da Plataforma Continental a Norte do Cabo Mondego. *Anais do Instituto Hidrográfico*, 10, Lisboa, p. 39-50.
- RODRIGUES, A., DIAS, J. M. A. & RIBEIRO, A. (1992) - First Appraisal of Active Faults in the North Portuguese Continental Shelf. *Gaia*, 4, Lisboa, p. 25-30.
- RODRIGUES, A., MAGALHÃES, F., DIAS, J. M. A. & MATOS, M. (1990) - A Faixa Costeira a Norte do Porto: Evolução Pós Glaciária. *Actas do 1º Simpósio sobre a Protecção e Revalorização da Faixa Costeira do Minho ao Liz*, Porto, p.140-154.
- RODRIGUES, A., MAGALHÃES, F. & DIAS, J. M. A. (1991) - Evolution of the North Portuguese Coast in the last 18000 years. *Quaternary International*, 9, London, p. 67-74.
- RODRIGUES, A., RIBEIRO, A. & DIAS, J. M. A. (1995) - Estruturas activas na plataforma continental setentrional: resultados do projecto SISMAR. *Memória Mus. Lab. Mineral. Geol. Univ. Porto* nº4, Porto, p. 311-315.
- ROGNON, P. (1976) - Essai d'interprétation des variations climatiques au Sahara depuis 40 000 ans. *Rev. Geol. Dyn. Geograph. Phys.*, 18(2/3), p. 251-282.
- ROGNON, P. (1980) - Une extension des déserts (Sahara et moyen-Orient) au cours du Tardiglaciaire (18000-10000 ans BP). *Rev. Geol. Dyn. Geograph. Phys.*, 22(4/5), p. 313-328.
- RUDDIMAN, W. F. & MCINTYRE, A. (1973) - Time-transgressive deglacial retreat of polar waters from the North Atlantic. *Quaternary Res.*, 3, p. 117-130.
- RUDDIMAN, W. F. & MCINTYRE, A. (1981) - The North Atlantic ocean during the last glaciation. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, 35, p. 145-214.
- RUDDIMAN, W. F., SANCETTA, C.D. & MCINTYRE, A. (1977) - Glacial/Interglacial response rate of subpolar North Atlantic waters to climatic change: the record in oceanic sediments. *Philos. Trans. R. Soc. London*, B280, p. 119-142.
- TABORDA, R. & DIAS, J. M. A. (1988) - O nível do mar em Portugal. Tendências sazonais e Seculares. Relatório DISEPLA 6/88, Lisboa, 46p.
- TABORDA, R. & DIAS, J. A. (1992) - Análise da sobre-elevação do nível do mar de origem meteorológica durante os temporais de Fev/Mar de 1978 e Dez de 1981. *Geonovas*, nº. e. 1, p. 89-98.
- TEIXEIRA, S. (1990) - *Dinâmica das praias da península de Senibal (Portugal)*. Tese de mestrado, Univ. Lisboa, Lisboa 189p.

- TERS, M. (1976) - Les lignes de rivage holocènes, le long de la côte atlantique française. *La Préhistoire Française*, II, p. 27-30.
- THIEDE, J. (1977) - Aspects of the variability of the glacial and interglacial North Atlantic Eastern boundary current. *Meteor Forsch.Ergebnisse*, C28, p. 1-36.
- THIEDE, J. (1978) - A Glacial Mediterranean. *Nature*, 276, p. 680-683.
- TRINDADE, J. (1985) - *Memórias históricas e diferentes apontamentos acerca das antiguidades de Óbidos desde o ano de 308 antes de Jesus Cristo até ao presente, tirados dos historiadores portugueses e espanhóis e manuscritos originais dos arquivos de que se faz menção nestes apontamentos*. Imprensa Nacional - Casa da Moeda, Lisboa, 298p.
- WEINHOLTZ, M. de Bivar (1978) - *Contribuição para o estudo da evolução das flechas de areia na costa sotavento do Algarve. Ria de Faro*. Direcção-Geral de Portos, Unpublished.