

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/258287188>

O(s) Oceano(s) e as suas Margens

Book · January 2001

CITATIONS

2

READS

1,370

1 author:



Ana Ramos-Pereira
University of Lisbon

130 PUBLICATIONS 379 CITATIONS

SEE PROFILE

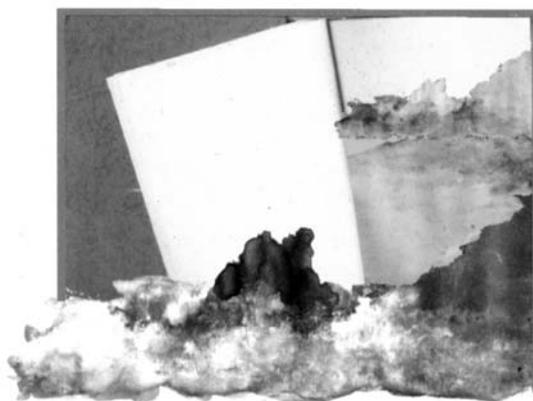
Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Heritage coastal landforms [View project](#)



Dinâmica costeira/coastal dynamic [View project](#)



O(s) Oceano(s) e as suas Margens

Ana Ramos Pereira

O(s) OCEANO(S) E AS SUAS MARGENS

Ana Ramos Pereira

Biblioteca Nacional – Catalogação na Publicação

Pereira, Ana Ramos, 1953-
Os oceanos e as suas margens
(Cadernos de educação ambiental; 5)
ISBN 972-783-025-0
CDU 504
37

As opiniões expressas nesta publicação são da
responsabilidade da autora e não reflectem necessariamente
as opiniões ou orientações, quer do Instituto de Inovação
Educativa ou do Ministério da Educação,
quer do Instituto de Promoção Ambiental ou
do Ministério do Ambiente

1.ª edição (Março, 2001)
ISBN: 972-783-025-0

Instituto de Inovação Educacional
Editor: Instituto de Inovação Educacional
Tiragem: 2000 exemplares
Capa e concepção gráfica do miolo:
Manuela Lourenço
Execução gráfica: Antunes & Amílcar, Lda.
Alameda D. Afonso Henriques, 5-B, 5-D
1900-178 Lisboa

Depósito Legal N.º 164.243/01

© INSTITUTO DE INOVAÇÃO EDUCACIONAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
TRAVESSA DAS TERRAS DE SANT'ANA, 15
1250-269 LISBOA

© INSTITUTO DE PROMOÇÃO AMBIENTAL
MINISTÉRIO DO AMBIENTE
RUA DO SÉCULO, 63
1249-033 LISBOA

Índice

NOTA PRÉVIA.....	7
INTRODUÇÃO.....	9
1. OS OCEANOS NO PLANETA.....	13
1.1. Os dados de base.....	15
1.2. A água oceânica.....	19
1.3. A água oceânica como meio de vida.....	29
2. OS OCEANOS E A ATMOSFERA.....	35
2.1. As trocas de água.....	37
2.2. As trocas de oxigénio e de dióxido de carbono.....	38
2.3. O oceano como regulador térmico.....	41
2.4. As correntes superficiais.....	43
2.5. As ondas.....	48
3. OS OCEANOS E O LITORAL.....	57
3.1. Os conceitos de litoral.....	59
3.2. As formas litorais.....	68
3.3. O papel do oceano.....	74
3.4. O sistema litoral e os seus componentes.....	78
4. RECURSOS E RISCOS OCEÂNICOS.....	81
4.1. Recursos piscatórios e aquacultura.....	85
4.2. Recursos energéticos.....	96
4.3. As poluições.....	98
4.4. Riscos no litoral.....	100
NOTA FINAL.....	111
BIBLIOGRAFIA.....	113
ÍNDICES.....	117

Nota Prévia

Foi-me proposto, pelo Instituto de Inovação Educacional, dar um contributo sobre “a forma de abordar a Educação Ambiental no contexto dos Oceanos – Conhecimento e Preocupações”, contributo esse que deve também constituir um instrumento capaz de ajudar os professores no desempenho da sua prática. Pela vastidão do tema, pelo interesse crescente que ele tem merecido por parte da comunidade em geral e da científica em particular, pelo rigor e profundidade que o tratamento do tema merece, esta proposta de contributo constitui um verdadeiro desafio, pois obriga à selecção de subtemas e a um esforço de síntese que tem que ser compatível com uma expressão rigorosa, mas não enfadonha, uma vez que é dedicado a um público de formação diversificada.

Pelas razões expostas, e com inteira liberdade, decidi privilegiar os seguintes temas, analisados numa perspectiva ambiental e, por formação, evidentemente geográfica: as relações entre o oceano e a atmosfera (as relações verticais) e entre o oceano e as suas margens, ou seja, o litoral, no cruzamento entre as influências terrestres e marinhas e onde habita a maior parte da população mundial, e de que Portugal constitui também um exemplo. A propósito destes dois grandes temas, salienta-se a importância dos oceanos, não só pelos riscos que os afectam ou que deles provêm, mas também pelos enormes recursos que oferecem. Sempre que possível são dados exemplos sobre Portugal.

Para facilitar a leitura e sem sobrecarregar o texto com definições de noções elementares ou com informações complementares, decidi incluí-las em caixas, que são chamadas ao longo do texto. As expressões ou termos assinalados com um asterisco estão definidos em caixa. O leitor encontrará, no final, um índice remissivo de todos os termos e expressões definidos ao longo do texto e em caixas.

Introdução

Antes mesmo de iniciar o desenvolvimento dos temas propostos, importa clarificar o que aqui se entende por perspectiva ambiental.

Sem grandes delongas sobre os conceitos de ambiente (cuja problemática não cabe aqui), e recorrendo à legislação vigente em Portugal, ambiente (do latim *ambio*, que significa rodear ou cercar) é considerado o conjunto dos sistemas físicos, químicos e biológicos e dos factores económicos, sociais e culturais com efeito directo ou indirecto, mediatos ou imediatos, sobre os seres vivos e a qualidade de vida do homem (nº2 do artigo 5º da Lei de Bases do Ambiente, DL 11/87, de 7 de Abril).

O ambiente é, assim, concebido como um sistema global¹ de hierarquia superior, constituído por um conjunto de subsistemas que integram as várias esferas terrestres. Como afirma Raposo (1997)² “A Teoria Geral dos Sistemas ... introduz uma maneira totalmente inovadora de pensar o Homem como sistema e simultaneamente como subsistema, em permanente interacção com os outros subsistemas que o rodeiam e que consubstanciam o conceito holístico do Ambiente” (p.13).

Nesta acepção, considera-se aqui que, para o ambiente, contribuem as seguintes esferas terrestres, cada uma delas considerada ela própria como um subsistema: a litosfera, a atmosfera, a hidrosfera, a biosfera e a noosfera (fig.1).

Cada um destes subsistemas pode, por si só, ser analisado como um sistema, dada a complexidade das relações que se estabelecem entre os seus elementos constituintes, i.e., a estrutura do sistema e o respectivo comportamento. White *et al* (1993), por exemplo, consideram-nos mesmo como sistemas globais.

¹ A teoria sistémica foi proposta pelo biólogo Ludwig von Bertalanff na década de 20. Na concepção sistémica, o sistema é constituído por um conjunto de componentes que se encontram em conexão; a modificação de uma delas provoca modificação nas restantes componentes, elas próprias constituídas por elementos (Mannion e Bowlby, 1992).

² Ver segunda publicação desta colecção.

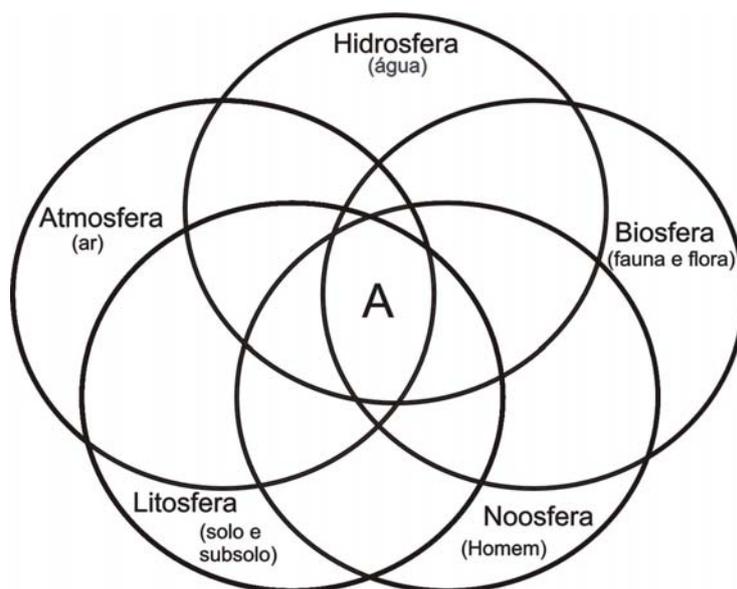


Fig. 1 – Os subsistemas do sistema ambiental (A). Entre parêntesis referem-se as componentes ambientais de cada um deles.

A litosfera é a crosta sólida da Terra, cujo modelado (traduzido no relevo) resulta das acções conjuntas da dinâmica interna da Terra e da dinâmica externa, ela própria dependente das condições climáticas e hidrológicas.

A *atmosfera* corresponde ao envólucro gasoso da Terra, cuja dinâmica própria, associada ao relevo e à distribuição das terras e dos mares, comanda os grandes conjuntos climáticos terrestres.

A *hidrosfera* é composta pelas águas em estado sólido (glaciares e calotes polares), líquido (oceanos, mares, lagos, rios, toalhas aquíferas) e gasoso (vapor de água), em constante circulação em todas as esferas.

A *biosfera* é constituída pelos seres vivos (animais e vegetais), cuja sobrevivência depende das outras esferas.

A *noosfera*³ é a esfera da inteligência humana, capaz de intervir nas outras esferas (Pereira e Gomes, 1996), mas delas dependente ao nível dos recursos⁴.

Do exposto se deduz que todas as esferas se interpenetram, constituindo o sistema ambiental global.

É esta concepção de interdependência dos fenómenos que adiante se tentará demonstrar, para o oceano, privilegiando, contudo, as relações entre a hidrosfera e a atmosfera (ponto 2), mas tentando demonstrar as interacções entre a hidrosfera-litosfera-atmosfera-biosfera-noosfera com o exemplo do litoral (ponto 3). Esta concepção sistémica permite avaliar de maneira mais abrangente os recursos e riscos ligados ao oceano (ponto 4).

³ Designação proposta por Teilhard Chardin.

⁴ Alguns autores, como White *et al* (1993), consideram a ecosfera, esfera que integra a parte superior da litosfera, parte da hidrosfera, marinha e continental, a biosfera e a noosfera. Pode afirmar-se que a ecosfera constitui um sistema de hierarquia intermédia entre o sistema ambiente e os sistemas que integram a litosfera, a atmosfera, a hidrosfera, a biosfera e a noosfera.

1. OS OCEANOS NO PLANETA

1.1. Os dados de base

É do conhecimento geral que cerca de 71% da superfície terrestre se encontra coberta por água, abrangendo uma área de 361 milhões de quilómetros quadrados. Essas áreas submersas são cobertas por oceanos, mares e lagos, mas destes, são os primeiros os mais extensos (quadro 1). É, aliás, esta vastidão das superfícies cobertas por água que confere ao nosso planeta o tom azul, quando observado do espaço.

Quadro 1 – Os oceanos no planeta: alguns dados (M=milhões).

Superfície	M km ²	Volume	M km ³
da Terra	509	dos oceanos	1 285
da Terra coberta por oceanos, mares e lagos	361	dos oceanos e mares	1 370
		total das águas superficiais da Terra	1 400

A repartição das altitudes e das profundidades do planeta, que se costuma representar por uma curva hipsométrica global, dá-nos também uma ideia da extensão relativa das áreas emersas e das submersas, para além da variação da hipsometria, permitindo assim avaliar melhor a importância das bacias oceânicas* (caixa 1), dos enormes volumes de água que elas contêm, bem como dos recursos oceânicos (fig.2).

A superfície do planeta, relativamente ao nível do mar, é mais profunda do que alta (no local mais profundo atinge-se -11 524m e no ponto mais alto 8 848m). A altitude média das terras emersas é de 840m, enquanto as áreas submersas têm uma profundidade média de 3 700m.

É frequente falar-se ora de oceano ora de oceanos. Na realidade o oceano é uma imensidão de água salgada, em que os organismos vivos circulam livremente, quer transportados pelas correntes quer pelos seus próprios meios de deslocação. O fundo dos oceanos está subdividido em bacias, porém estas não são suficientes para quebrar a unidade oceânica, mas apenas conferir-lhe alguma diversidade.

A divisão em oceanos é, pelas razões expostas, artificial.

Caixa 1

Bacia oceânica é uma área deprimida na superfície do planeta, onde ao longo de milhões de anos se foram acumulando água e sedimentos. Constituem o reservatório onde a água está contida. Podem apresentar dimensões e formas muito variadas, dependendo do seu estado de evolução geológico.

As dimensões das bacias oceânicas dependem da mobilidade dos seus fundos, a qual deriva da constituição e estrutura da Terra, cuja parte superficial é constituída por um conjunto de placas (as placas litosféricas) que suportam os continentes e os mares e se deslocam sobre uma massa plástica, fluida e quente (a astenosfera), como se de um tapete rolante se tratasse.

O estudo dos fundos oceânicos tem contribuído para se perceber como se deslocam essas placas (**Teoria da Tectónica de Placas**), cujos limites se individualizam a partir da repartição geográfica dos sismos mais importantes. Essas placas têm movimentos com velocidades diferentes. Por exemplo, a placa Euroasiática (que suporta a Europa, parte do continente asiático e o Atlântico oriental) afasta-se da placa Norte Americana (que suporta o Atlântico ocidental e o continente norte americano) a um ritmo de 2,5m em 100 anos, a partir da parte central da bacia atlântica, no que se designa por crista média oceânica (ver caixa 2). A placa de Nazca, no oceano Pacífico, avança 10,6cm por ano para a placa sul americana (fig.1.1).



Fig. 1.1 – O relevo submarino associado a dois grandes tipos de fronteiras de placas.

O conhecimento dos limites entre placas litosféricas permite definir as áreas sísmicas e vulcânicas à escala do globo.

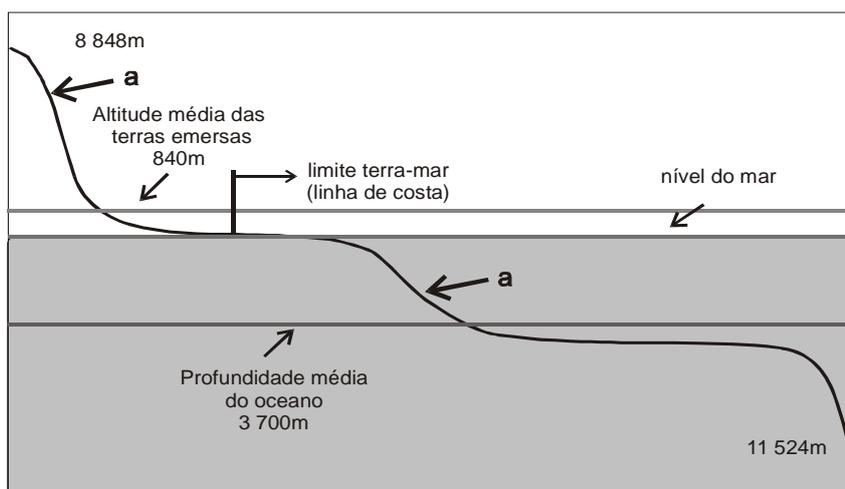


Fig. 2 – Curva hipsométrica global (a).

Consideram-se 4 oceanos no Planeta⁵ (fig.3): o Pacífico, o Atlântico, o Índico e o Ártico. O Pacífico é o mais extenso, pois ocupa 49% da área oceânica do globo, enquanto o oceano Ártico, o mais pequeno, não ultrapassa 4%.

O oceano Pacífico é o maior e também aquele onde se encontram as maiores profundidades, atingindo-se 11 524m, apesar da sua profundidade média ser apenas de 4 200m. O oceano Índico embora atingindo profundidade menor do que o Atlântico (respectivamente 9 000m e 9 560), tem uma profundidade média mais elevada (4 000 e 3 600m respectivamente). O oceano Ártico é o menos profundo.

O fundo dos oceanos tem um relevo particular, com várias unidades (ver caixa 2), cuja importância retomaremos nos pontos 3 e 4.

⁵ A Antártida, como é sabido, é um continente coberto de gelo e por sua vez rodeado pelos oceanos Atlântico, Índico e Pacífico. A extremidade meridional destes três oceanos, envolvente da Antártica, é designada por alguns autores oceano austral.

Caixa 2

As grandes unidades de relevo submarinas são, das terras emersas para o largo (fig.2.1):

Plataforma continental é a unidade que contacta directamente com as terras emersas e cujo limite exterior corresponde a uma vigorosa vertente. É uma rampa pouco inclinada, de largura variável (em média 75-80 km), com um perfil transversal unido ou com uma escadaria de pequenos patamares, coberta, em geral, uma película superficial de depósitos, de espessura variável, essencialmente provenientes do afluxo de aluviões (sedimentos transportados pelos cursos de água), actuais ou herdadas. O rebordo situa-se, em média a -120m.

Talude continental ou vertente continental é uma vertente escarpada, que pode atingir mais de 3000m, e que constitui a passagem entre a plataforma continental e a planície abissal. É uma área de trânsito de sedimentos entre aquelas duas unidades.

Planície abissal é a unidade mais profunda, entre -4 000 e -5 000m, receptora dos sedimentos provenientes da plataforma continental que progridem até ao talude ou são drenados por colectores submarinos, vales ou canhões, que entalham o talude e a plataforma continental (a tracejado na fig.2.1).

Crista média oceânica (ou **dorsal oceânica**) é outro tipo de relevo submarino que se eleva da planície abissal, uma verdadeira cadeia de montanhas (as mais extensas do planeta), de natureza vulcânica (caixa 1), cujos cumes podem mesmo emergir, constituindo ilhas, como sucede nas ilhas do Corvo e das Flores, nos Açores, ou na Islândia.

Fossa oceânica é um sulco muito profundo nas bacias oceânicas, podendo atingindo profundidades superiores a 11 000m (caixa 1). Onde existe este tipo de relevo negativo, a plataforma continental é muito estreita ou inexistente.

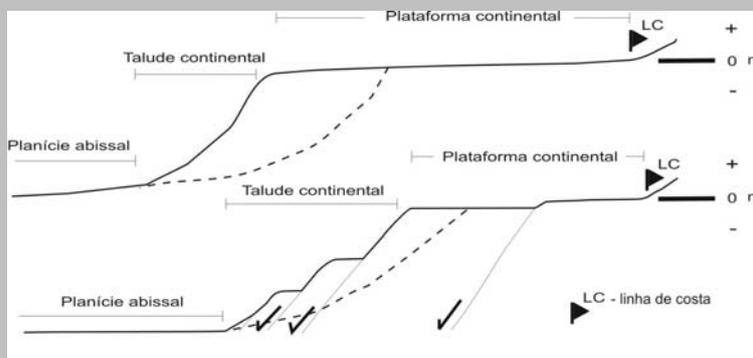


Fig. 2.1 – As três unidades de relevo submarino adjacente às terras emersas. A tracejado vales ou canhões submarinos. LC – linha de costa.

É na crista média oceânica que os fundos oceânicos se formam e alargam, enquanto nas fossas eles mergulham para a astenosfera, desaparecendo. Mantém-se assim um equilíbrio móvel (ver caixa 1).

O conhecimento do relevo submarino é importante, nomeadamente na pesquisa de novas fontes de energia (prospecção de petróleo), definição dos melhores locais para a instalação de emissários submarinos, quer sejam de telecomunicações, quer de drenagem de águas residuais e também para a definição das áreas de stocks de peixes.

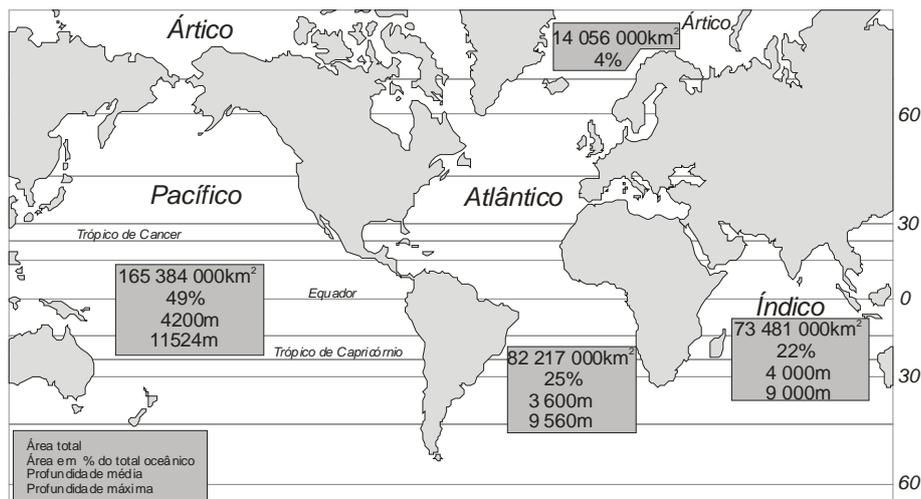


Fig. 3 – Os quatro oceanos.

1.2. A água oceânica

As bacias oceânicas*, constituem o maior reservatório de água do planeta. Estima-se que os oceanos contenham $1\,400\,000 \times 10^3 \text{ km}^3$, contra $59\,000 \times 10^3 \text{ km}^3$ nas terras emersas (água no estado líquido e no estado sólido - gelo e neve) e $16 \times 10^3 \text{ km}^3$ na atmosfera, sob a forma de vapor de água e de gotículas de água (ver ponto 2).

A água é um recurso natural indispensável à vida, por ser imprescindível à existência e evolução dos ecossistemas animais e vegetais e à vida humana. Com efeito, a água constitui o meio de vida de muitas espécies animais e vegetais e também o homem não pode viver sem ela, não só porque o corpo humano é constituído por 65 a 75% de água (e a perda de 15% pode conduzir à morte), mas também porque a maior parte das actividades económicas dela dependem (agricultura, indústria e serviços).

Apesar das águas oceânicas não serem directamente utilizáveis pelo homem, por serem salgadas, são as mais abundantes (97% das águas do planeta). Para facilitar a comparação, saliente-se que,

sendo o volume da Terra de cerca de 1800 triliões de km^3 , há 1370 milhões de km^3 de água (nos seus diversos estados).

De entre as águas no estado líquido existentes no planeta, as oceânicas têm a particularidade de conterem um elevado teor em sal (salinidade*; caixa 3). Este facto advém da água ser um excelente solvente, o que por sua vez é consequência da sua estrutura molecular (dois iões de hidrogénio, com carga positiva, para um de oxigénio, com carga negativa) e do tipo de atracção entre as moléculas de água. Tomemos, como exemplo, a dissolução do cloreto de sódio (NaCl). As ligações entre os átomos de Na^+ e os de Cl^- quebram-se, quando os cristais de cloreto de sódio são colocado na água, e os iões Na^+ são atraídos pela carga negativa do oxigénio da molécula de água, enquanto o Cl^- é atraído pela carga positiva do hidrogénio. Os iões de cloro e sódio ficam assim rodeados de moléculas de água. É esta capacidade que as moléculas de água têm de separar os compostos que lhe confere a propriedade de bom solvente.

Dos elementos químicos presentes na água do mar (quadro 2), o cloro e o sódio representam mais de 85% do peso de todas as substâncias dissolvidas, pelo que os sais deles derivados são os mais abundantes (cloretos, cloratos e sulfatos). Com o magnésio, enxofre, cálcio e potássio tem-se a constituição essencial (99,4%).

Quadro 2 – Elementos químicos presentes nas águas oceânicas.

Elemento químico	(mg/l)
Cloro	19 000
Sódio	10 500
Magnésio	1 350
Enxofre	885
Cálcio	400
Potássio	380
Brómio	65
Carbono	28
Estrôncio	8
Boro	5
Silício	3
Fluor	1

Caixa 3

A **salinidade** corresponde ao resíduo que permanece depois de toda a água se evaporar. Pode medir-se em miligramas de sais dissolvidos em 1000g de água ou em gramas de sal por quilogramas de água ou, ainda, como é agora mais usual, em permilagem ‰, 1 parte de sal para 1000 partes de água.

A fig.3.1 ilustra a relação entre a salinidade média à superfície, a evaporação e a precipitação.

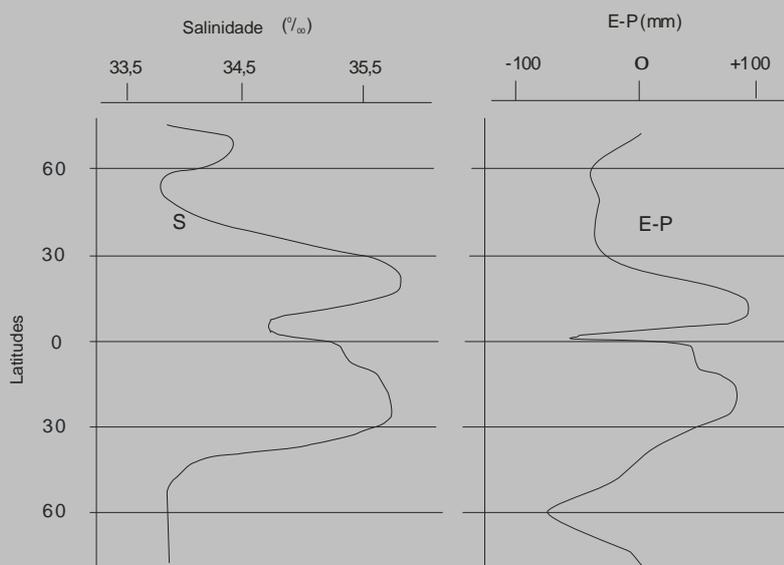
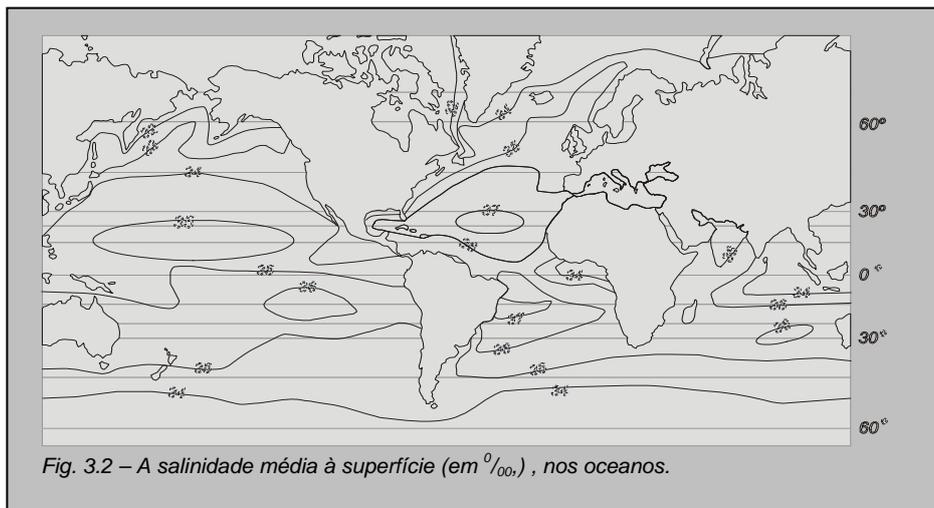


Fig. 3.1 – Variação latitudinal da salinidade (S) e do balanço entre a evaporação (E) e a precipitação (P).

A figura 3.2 dá uma imagem da distribuição da salinidade média à superfície dos oceanos. Notar a salinidade mais elevada nas regiões intertropicais, pelas razões já referidas, e por uma salinidade mais elevada no Atlântico, relativamente ao Pacífico, consequência do confinamento do primeiro.

(cont.)



Os sais existentes nos oceanos são, sobretudo, provenientes da alteração das rochas nas terras emersas e são até eles transportados pelos rios. Mas os sais provêm também do interior da terra, em consequência da actividade vulcânica, quer ela ocorra nas áreas emersas quer nas cristas médias oceânicas* submersas (ver caixas 1 e 2).

Durante as erupções vulcânicas, os gases de enxofre e de cloro são dissolvidos pela água da chuva ou do oceano. As águas das chuvas podem assim acidificar-se (para o que contribuem também algumas das emissões gasosas resultantes da actividade industrial) e alteram as rochas, libertando o sódio, o cálcio e o magnésio. Por outro lado, nas áreas submersas, nomeadamente nas cristas médias oceânicas, a água do mar entra em contacto com o interior da Terra, através das fendas associadas às cristas, é aquecida e a sua acção solvente aumenta. Esta água aquecida reage quimicamente com as rochas do fundo oceânico e dissolve o cobre, o ferro, o manganês, o zinco, o potássio e o cálcio.

Para o teor em sal, contribuem também os seres que, depois de mortos, se acumulam nos fundos oceânicos (restos de conchas, por

exemplo, que são constituídas essencialmente por carbonato de cálcio).

A figura 4 tenta esquematizar, de forma muito sintética, as origens dos sais presentes nas águas oceânicas.

É sabido que o teor em sal se tem mantido praticamente estável no último bilião e meio de anos, para o conjunto das águas oceânicas (Duxbury e Duxbury, 1993), apesar dos continuados acarreios provenientes dos continentes, da emissão de gases vulcânicos, nas áreas emersas e submersas, e da acumulação de restos de seres vivos marinhos. Tal fenómeno deve-se a que parte desses sais se modifica quimicamente na água oceânica, caso contrário a salinidade aumentaria indefinidamente.

Com efeito, o sal também se transforma, pois os iões podem reagir uns com os outros, originando produtos insolúveis, como por exemplo sulfatos de magnésio junto às cristas médias oceânicas. Por outras palavras, pode dizer-se que o tempo de residência (tempo que uma substância se mantém em solução) dos sais é variável, de tal forma que os que tem menos tempo de residência formam minerais insolúveis.

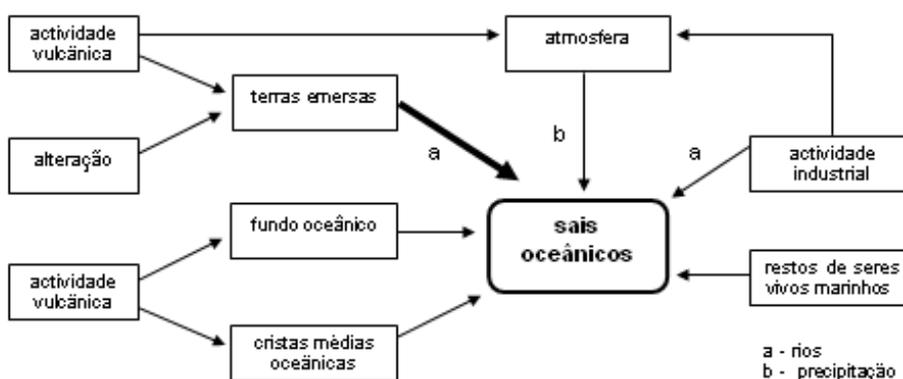


Fig. 4 – Origem dos sais oceânicos.

Processos bioquímicos, como por exemplo a incorporação de cálcio nas conchas dos animais vivos, constitui também um exemplo de utilização dos sais pelos seres vivos marinhos e que contribui para a manutenção do teor constante em sais, nos oceanos.

Se para o conjunto das águas oceânicas se pode afirmar que a composição em sais se tem mantido constante, pode também dizer-se, que, à superfície, a sua concentração varia em função da temperatura e da evaporação. À superfície, as águas oceânicas têm uma salinidade* compreendida entre 33 e 37g/l ou entre 33 e 37‰, máxima nas regiões de temperaturas mais elevadas, mas com baixas precipitações (caixa 3).

Existe uma variação zonal (latitudinal) da salinidade superficial, uma vez que depende da evaporação (esta dependente da temperatura, da humidade e da agitação atmosférica) e precipitação, sendo máxima nas regiões subtropicais de baixas precipitações e mínima nas regiões polares. Contudo, outros factores intervêm, modificando esse padrão geral, nomeadamente o afluxo de água doce, proveniente dos cursos de água ou da fusão glaciária. Por esse motivo, se pode afirmar que a salinidade aumenta para o largo e para as latitudes subtropicais, desde que as condições atmosféricas de temperatura, humidade e agitação atmosférica favoreçam a evaporação, e a precipitação seja relativamente baixa.

A salinidade varia também com a profundidade. Existe uma relação estreita entre a variação da salinidade e a temperatura da água oceânica (fig.5).

Apesar da água absorver a energia calorífica directamente da energia solar (particularmente através da sua camada superficial em contacto com a atmosfera) e esta se transmitir por condução (processo molecular) e por convecção (transporte de calor pelo fluido água), a temperatura da água oceânica diminui em profundidade, bruscamente nas primeiras dezenas de metros, para depois diminuir mais lentamente até cerca de -100m, limite aproximado a partir do qual a água tem menos influência dos movimentos da camada atmosférica que com ela contacta, diminui a agitação e a turbulência, e a temperatura diminui de novo, mas mais lentamente.

Ao contrário, a salinidade é mais baixa à superfície (fig.5), tendo um comportamento praticamente inverso em relação à temperatura,

embora aumente mais rapidamente entre -100 e -500m. Este fenómeno, pode, à primeira vista, parecer contraditório com o que foi dito anteriormente, ou seja, que a salinidade se eleva com o aumento da evaporação e esta só afecta a película superficial da água oceânica. A contradição é apenas aparente, pois na análise feita anteriormente, comparava-se a salinidade das águas superficiais oceânicas e a sua variação latitudinal. Agora estamos a analisar toda a coluna de água oceânica.

O aumento da salinidade em profundidade é facilmente explicável. Consideremos um número x_n de moléculas. Com o aumento de

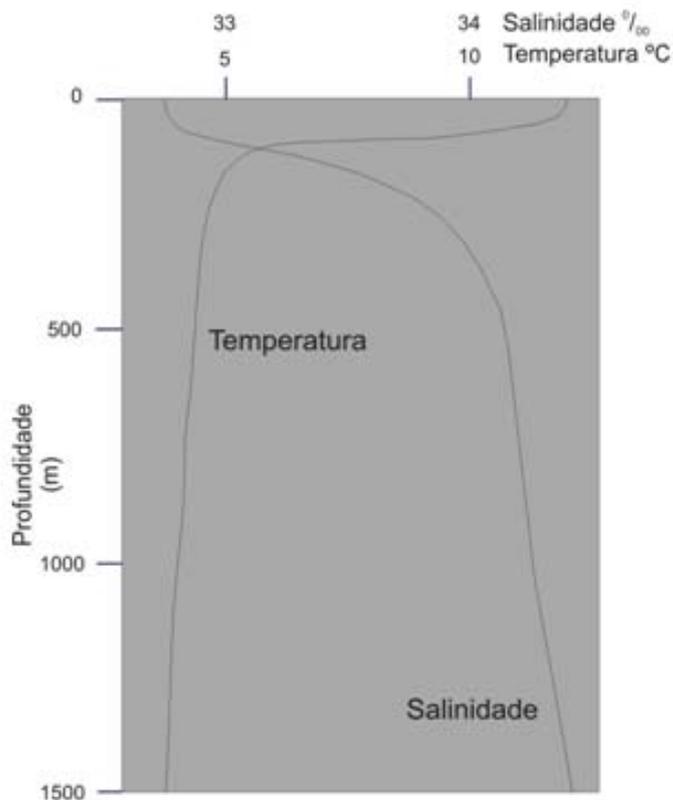


Fig. 5 – Diagrama da variação da temperatura e da salinidade com a profundidade.

temperatura, dá-se um aumento de volume, mantendo-se constante o número de moléculas de água. Recorrendo a uma imagem simples, pode dizer-se que essas mesmas moléculas passaram a ter mais espaço disponível, espaço esse que pode ser ocupado pelos sais solúveis. Por essa razão, à superfície, onde a temperatura é mais elevada, há mais disponibilidade para conter mais sais, está-se longe de todos os espaços disponíveis terem sido ocupados (por outras palavras, longe da saturação), pelo que a salinidade é mais baixa. Pelas razões opostas, a menor capacidade solvente das águas com mais baixa temperatura, fazem com que aí a salinidade seja mais elevada.

Se cruzarmos agora as duas informações respeitantes à variação da temperatura e da salinidade em superfície e em profundidade, certamente se compreende que existe nas águas oceânicas circulação vertical desencadeada pelas mudanças, à superfície, da temperatura e salinidade, e que se costuma designar por circulação termohalina⁶. As águas mais frias e /ou salinas são mais densas (densidade*; caixa 4), tendo por isso tendência a afundar-se (a subsidir). Não é de estranhar que, nas latitudes elevadas onde as águas superficiais são frias e nas áreas subtropicais onde são mais salgadas, haja uma subsidência das águas oceânicas, enquanto nas áreas mais quentes e chuvosas o fenómeno seja inverso.

As variações, em profundidade, dos vários parâmetros de caracterização da água oceânica, como vimos para a temperatura e para a salinidade, correspondem a valores médios para o conjunto de todas as águas oceânicas. Contudo, uma análise mais pormenorizada evidencia muito maior complexidade (ver caixa 5).

Dos vários parâmetros (temperatura, salinidade, teor em oxigénio, em azoto e em dióxido de carbono, por exemplo), a temperatura e a salinidade das águas oceânicas são primordiais porque não se modificam por processos físicos e químicos oceânicos, salvo nas áreas marginais dos oceanos (nomeadamente junto aos litorais). Por esse motivo, formam-se “corpos” de água, mais ou menos homogêneos, que se designam por massas de água. Estas

⁶ *Halo* é um elemento grego que entra na composição das palavras e exprime a ideia de sal ou relativo a sal.

Caixa 4

A **densidade** é a massa de uma substância por unidade de volume (g/cm^3). A água salgada é mais densa do que a doce. A densidade varia também com a temperatura, sendo que as águas quentes são menos densas (há menos moléculas de água por unidade de volume). A densidade da água do mar é máxima à temperatura de 4°C e é de $1,0278\text{g/cm}^3$, enquanto a da água doce é de 1g/cm^3 .

A densidade aumenta com a diminuição de temperatura (até 4°C) e com o aumento do teor em sal (fig. 4.1; ver caixa 3). Também aumenta com o aumento de pressão. Em cada 10m de água marinha a pressão aumenta 1 atmosfera¹, de tal forma que, a $11\,000\text{m}$ de profundidade, a pressão é de aproximadamente $1\,100$ atmosferas.

A temperatura, a salinidade e a pressão controlam, portanto, a densidade da água do mar.

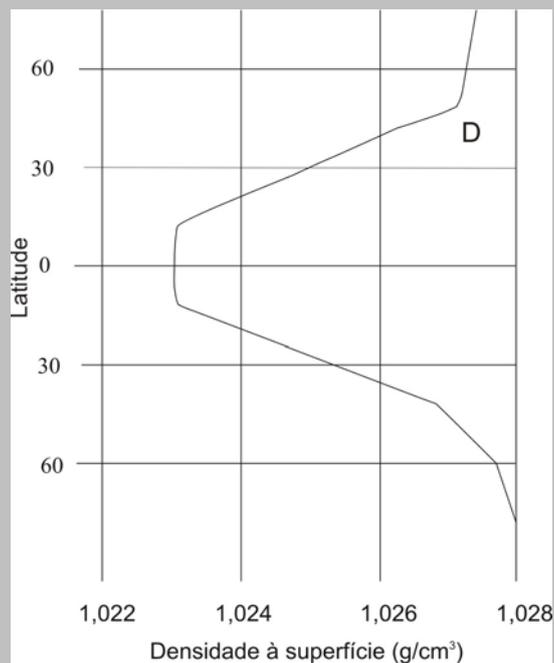


Fig. 4.1– Variação latitudinal média da densidade (D) das águas oceânicas, à superfície.

¹ Atmosfera é, neste caso, a unidade usada na medida da tensão dos fluidos, equivalente à pressão exercida por uma coluna de mercúrio com 76cm de altura, à temperatura de 0°C e com uma aceleração da gravidade de $9,80\text{ m/s}^2$. Corresponde a $1,033\text{ kg/cm}^2$.

Caixa 5

O gráfico da fig. 5.1 representa a variação da temperatura (T), da salinidade (S) e do teor em oxigénio (O_2) com a profundidade. Os dados foram recolhidos durante um cruzeiro oceanográfico, realizado no mês de Janeiro de 1979, pelo Instituto Hidrográfico - Campanha para Estudo da Circulação na Costa de Portugal, com o objectivo de avaliar as características das massas de água e correntes na nossa costa.

Os dados, recolhidos no dia 20, dizem respeito à estação 19, situada ao largo da Figueira da Foz, à latitude de $40^\circ N$ e à longitude de $9^\circ 51' W$.

A faixa de água da superfície até à profundidade de 100m distingue-se claramente da subjacente, por ter uma temperatura mais elevada e sensivelmente homogénea, uma salinidade relativamente mais elevada e um maior teor em oxigénio. A individualidade desta faixa deve-se ao contacto com a atmosfera, de que recebe calor e oxigénio, e à evaporação que faz aumentar a salinidade. A sua homogeneidade no que respeita aos parâmetros analisados é uma consequência da dinâmica da água nesta faixa, resultante essencialmente da ondulação e das correntes superficiais.

A esta descontinuidade, neste caso situada a cerca de -100m e que se traduz pela modificação rápida da temperatura e da salinidade, costuma chamar-se **termoclina**.

Neste caso concreto, o ligeiro aumento de temperatura, associado a uma elevação da salinidade e um empobrecimento em oxigénio, que ocorre abaixo de 500m, parece ser devido a uma intrusão de água mediterrânea – a **veia de água mediterrânea**.

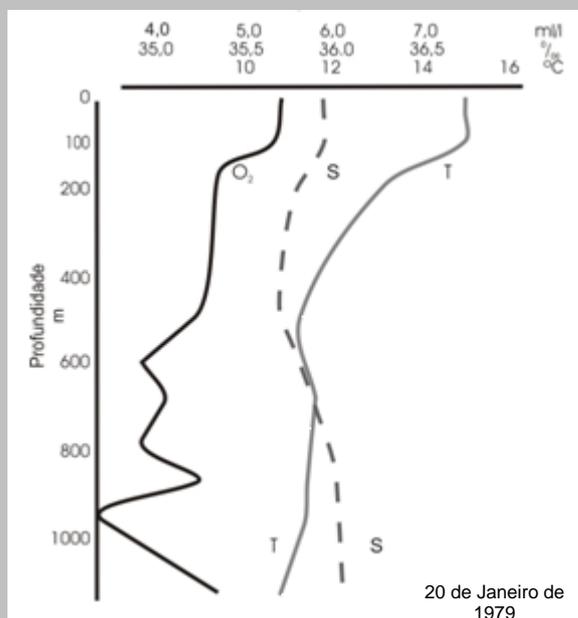


Fig. 5.1 – Variação, em profundidade, da temperatura (T), salinidade (S) e teor em oxigénio (O_2) da água do oceano Atlântico, ao Largo da Figueira da Foz.

caracterizam-se por uma determinada temperatura e salinidade e, no seio do oceano, não se modificam, salvo quando, nas áreas de contacto, se misturam com massas de água de diferentes características de temperatura e salinidade (ver caixa 6).

1.3. A água oceânica como meio de vida

Apesar da sua vastidão, estima-se que o oceano seja responsável por apenas cerca de 35% da produção primária* (caixa 7) do planeta. Este valor, relativamente baixo, deve-se a que os seres vivos nas maiores profundidades são pouco numerosos⁷. Por isso, apesar de representar 71% da área do planeta e proporcionar um volume que representa quase 99% do espaço disponível para a vida (porque, em terra, plantas e animais vivem entre o nível do mar e algumas centenas de metros, enquanto no oceano vivem até profundidades superiores a 11 000m), a produção primária é relativamente baixa.

A vida, na espessa coluna de águas oceânicas, reveste-se de fraca diversidade, quando comparada com a vida em terra e de uma variação considerável em densidade. Este facto advém de duas ordens de factores: a penetração da luz solar e o teor em oxigénio e dióxido de carbono.

A luz solar (visível) só penetra na água praticamente até cerca de -100m, o que implica que todos os organismos marinhos que realizam a fotossíntese estejam confinados a esta película de água. A própria energia, proveniente do sol, fundamental para a actividade biológica, é absorvida essencialmente nos primeiros 10m (60% é absorvida no primeiro metro e 80% até aos primeiros 10m (Duxbury e Duxbury, 1993).

Os primeiros 100m têm também uma composição particular, no que respeita ao teor em gases dissolvidos. Os mais abundantes são o azoto (N₂), o oxigénio (O₂) e o dióxido de carbono (CO₂). Nomeadamente estes dois últimos são fundamentais à vida. Para além das trocas com a atmosfera (ponto 2.), a fonte principal de O₂

⁷ As pesquisas em curso têm revelados informações surpreendentes sobre a diversidade destes seres vivos, foram reconhecidas muitas novas espécies, sobretudo dos que vivem junto a fontes hidrotermais. Porém, só a prossecução da investigação nos permitirá conhecer aquela diversidade.

Caixa 6

As massas de água superficiais (MAS), que se caracterizam pelos seus valores de temperatura e de salinidade, podem ter espessuras variadas e correspondem às faixas de água que contactam na sua parte superior com a camada mais baixa da atmosfera e são limitadas inferiormente pela termoclina. A formação destas massas de água (MAS) está em estreita relação com os fenómenos atmosféricos, quer pelas trocas térmicas e gasosas que entre eles se estabelece, quer pelos movimentos atmosféricos que condicionam os movimentos destas massas de água oceânicas. No globo, distinguem-se 16 massas de água principais, conforme figura 6.1.

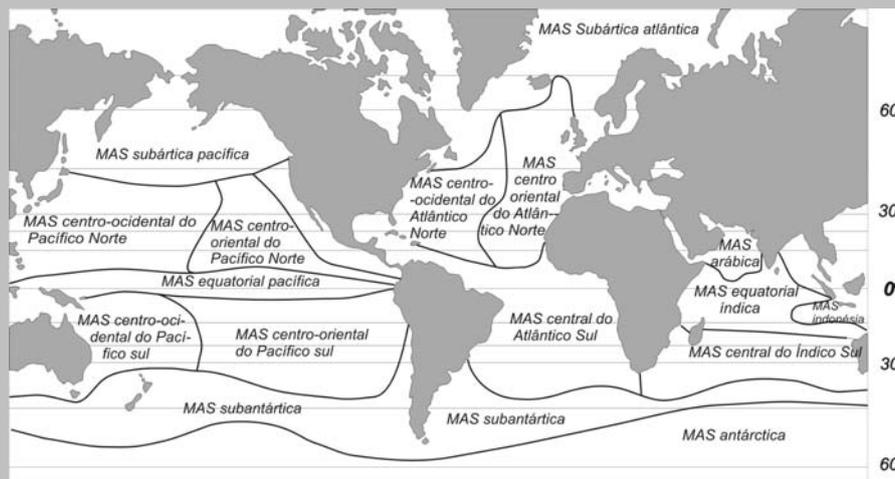


Fig. 6.1 – As massas de água superficiais oceânicas. Adaptado de Brown et al, 1993.

nas águas oceânicas é a fotossíntese, com produção de O_2 e consumo de CO_2 , enquanto na respiração ocorre consumo de oxigénio e libertação de dióxido de carbono.

Como o oxigénio provém quase exclusivamente da atmosfera (directa ou indirectamente) e sobretudo da actividade dos seres vivos e estes se concentram nos primeiros 100m, a sua quantidade

Caixa 7

Produção primária também designada produtividade básica é a taxa de energia fixada num certo espaço de tempo, ou por outras palavras, a quantidade de energia armazenada pela actividade fotossintética e quimiossintética dos organismos produtores, especialmente as plantas verdes, sob a forma de substâncias orgânicas que podem ser empregues como matérias alimentares. A energia solar é usada pelos produtores primários no processo de fotossíntese, em que o dióxido de carbono e a água do mar reagem para formarem compostos orgânicos ricos em energia, como a glucose. Aquela quantidade não depende directamente do número de indivíduos, mas da sua actividade fotossintética e quimiossintética. Mede-se em g/m²/dia.

As algas e plantas superiores que usam os compostos orgânicos para o seu crescimento e metabolismo são produtores primários.

nas águas oceânicas sofre um enorme decréscimo abaixo de -100m e até -800m, profundidade a partir da qual pode haver um ligeiro acréscimo devido à subsidência de águas superficiais, mais densas. O teor em dióxido de carbono aumenta com a profundidade em consequência da decomposição dos organismos.

A figura 6 mostra a variação desses dois gases em profundidade.

A variação das principais características das águas oceânicas em profundidade condiciona, como se referiu, o número de espécies e de efectivos de cada espécie. Assim, é costume considerar distintos ambientes biológicos, no seio do ambiente biológico marinho (fig.6).

O ambiente epipelágico ocorre numa fina película de água (quando comparada com a espessura dos oceanos corresponde a cerca de 1%), entre a superfície e a profundidade de aproximadamente 100m, ou seja, até ao limite de penetração da luz solar⁸.

Nele ocorre fotossíntese e dão-se trocas entre o oceano e a atmosfera, correspondendo ao ambiente de maior agitação das águas e onde há maiores influências terrígenas, nomeadamente maior afluxo de nutrientes trazidos até aos oceanos pelos rios, e,

⁸ A luz no oceano deriva de duas fontes: a luz solar, que ilumina quase exclusivamente os primeiros 100, e a bioluminescência, que ocorre em todas as profundidades. A absorção da luz pela água remove-lhe os vermelhos e os ultravioletas, resultando a cor azul.

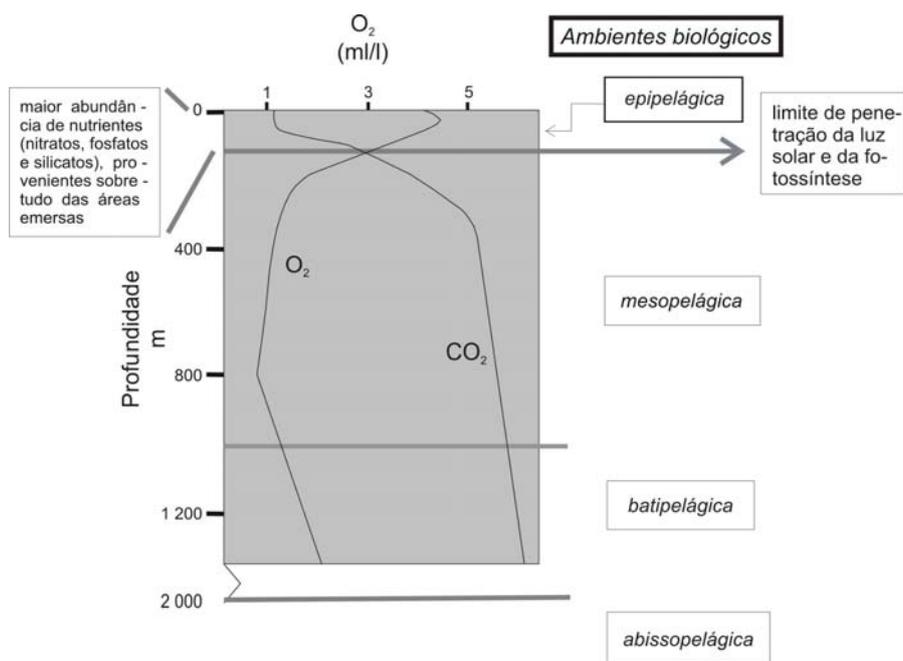


Fig. 6 – Variação do teor em O₂ e CO₂ com a profundidade, bem como as designações dos ambientes biológicos.

ainda, pela reciclagem de sais efectuada no oceano e que é trazida à superfície por correntes e pela agitação marítima decorrente das tempestades. Por todas estas razões, esta faixa oceânica encerra a quase totalidade dos recursos piscatórios.

O ambiente biológico mesopelágico, sob o anterior, estende-se até cerca de -1 000m, apresenta limitações do ponto de vista alimentar, pelo que nele é já baixa a densidade de vida. Entre -1 000m e -2 000m, em ambiente mesopelágico, é já muito baixo o total de matéria viva e muito pequena a diversidade de espécies, situação que se acentua em profundidade, onde o ambiente abissopelágico é ainda mais pobre (com o mínimo a 2,5km), embora junto ao fundo oceânico se registre um aumento de biomassa.

É costume distinguir o *plancton* (ou plancto) e o *necton*. O primeiro é constituído por seres vivos microscópicos, animais e vegetais, em suspensão na água, e que são transportados pelas correntes. O *necton* é constituído por seres de dimensões muito variadas, desde animais unicelulares, situadas na base da cadeia alimentar oceânica, até aos grandes mamíferos, como as baleias, passando pelos reptéis marinhos. Contudo e destes, são os peixes os mais abundantes. A mobilidade dos seres vivos que constituem o *necton*, independentemente das correntes oceânicas, é a sua principal característica distintiva.

No *plancton* distingue-se ainda o *fitoplancton* (na base da cadeia alimentar das espécies marinhas, é constituído essencialmente por algas unicelulares, que pode designar-se “a relva dos oceanos”), que, pelas razões expostas, existe no ambiente epipelágico, e o *zooplancton*, que está presente em todos os ambientes biológicos marinhos (e é constituído por seres herbívoros e carnívoros).

2. OS OCEANOS E A ATMOSFERA

Como já se referiu anteriormente, são várias as relações entre o oceano e a atmosfera. Entre eles há permuta de oxigénio (O_2) de dióxido de carbono (CO_2), assunto que será retomado, mas há sobretudo trocas de água, considerada nos seus vários estados.

2.1. As trocas de água

O esquema seguinte dá uma ideia das trocas de água entre os oceanos, a atmosfera e as terras emersas (fig.7) e pode considerar-se um ciclo da água simplificado.

A quantidade de água existente no planeta mantém-se constante (as perdas da atmosfera ou os ganhos provenientes de vapor de água do interior da terra são desprezíveis), circulando entre os vários reservatórios que são os oceanos, em primeiro lugar, aonde chegam as águas de dois outros reservatórios: as terras emersas, através dos rios e glaciares, e da precipitação proveniente da atmosfera, o 3º reservatório. Mas para que o equilíbrio se mantenha é necessário

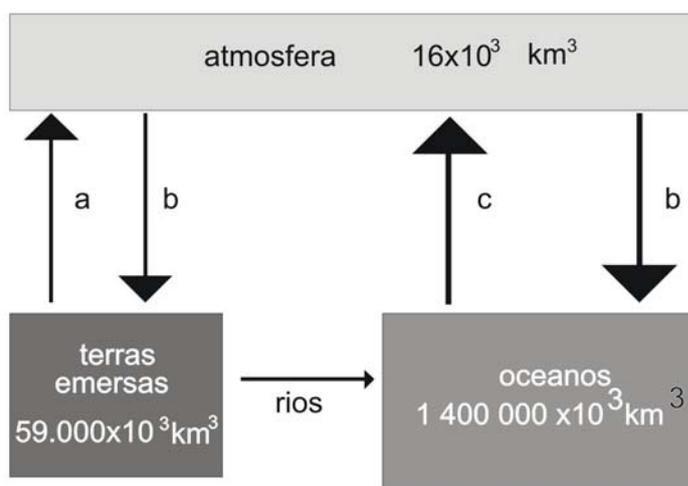


Fig. 7 – O ciclo da água simplificado (a - evapotranspiração; b - precipitação; c - evaporação)

que este afluxo de águas aos oceanos seja compensado, por perda de água por evaporação. Este vapor de água vai juntar-se na atmosfera ao proveniente da evaporação que afecta as águas dos rios e lagos e da transpiração das plantas (a evapotranspiração). As energias necessárias para que este ciclo funcione são a energia solar (a mais importante) e a energia gravítica.

Contudo, importa salientar que a passagem da água (estado líquido), da superfície oceânica para a atmosfera, sob a forma de vapor de água, requer também energia solar, o denominado calor latente. Este é libertado na atmosfera aquando da condensação, logo da formação de nuvens, o que pode ocorrer num local muito longínquo daquele em que teve lugar a evaporação, dependendo da dinâmica das massas de ar atmosféricas. Quer isto significar que há trocas de calor entre o oceano e a atmosfera, e que a evaporação da água e a condensação do vapor de água são responsáveis por essas trocas.

2.2. As trocas de oxigénio e de dióxido de carbono

A produção de oxigénio e de dióxido de carbono nas águas oceânicas está directamente ligado à actividade dos seres vivos, como vimos anteriormente. A fotossíntese e a respiração, associadas à decomposição dos seres vivos, são responsáveis pelas variações destes dois gases (fig.6). Esta actividade biológica é fundamental, porque, apesar das águas oceânicas só possuírem 1% da reserva total de oxigénio livre, elas asseguram 78% da renovação de O₂ atmosférico (o restante provém das áreas emersas). O equilíbrio é mantido pelos organismos vivos. Por isso, torna-se indispensável controlar a poluição da água, de forma a manter a fauna e flora oceânicas, pois elas contribuem para manter o equilíbrio atmosférico, indispensável à vida humana, cujas actividades, nomeadamente o uso de combustíveis fósseis, ajudam a depauperar.

Mas as águas oceânicas também controlam o dióxido de carbono presente, que é consumido pela fotossíntese, como se referiu, por processos biológicos que conduzem à formação dos esqueletos animais carbonatados e também por dissolução das rochas carbonatadas.

O CO₂ é o terceiro gás dissolvido, a seguir ao azoto e ao oxigénio.

O carbono inorgânico nas águas oceânicas adquire várias formas químicas: dissolvido, entrando e saindo nas trocas com a atmosfera, e como iões de carbonato (CO₃²⁻) e bicarbonato (HCO₃⁻), transportados pelas águas continentais e provenientes da meteorização das rochas (reações promovidas pela água rica em dióxido de carbono com as rochas das terras emersas).

O carbono, componente do dióxido de carbono, circula, conseqüentemente, também nas várias esferas terrestres. Importamos aqui, sobretudo, naquilo que se costuma designar por ciclo do carbono, as trocas entre o oceano e a atmosfera.

Vejamos as razões das trocas oceano-atmosfera.

A pressão média parcial (que exprime a concentração média de um gás) de CO₂ na superfície da água, a 0°C, é de 15,2Pa ou 150µatm (Pa=Pascais ou µatm=microatmosferas), enquanto na atmosfera é de 35,2Pa ou 348µatm. Para que se atinja o equilíbrio no teor em gás, entre as duas massas de fluido em contacto (água oceânica e ar atmosférico), tem que haver um influxo de CO₂ nas águas oceânicas, proveniente do ar atmosférico.

O CO₂ que entra no oceano é logo absorvido pelos organismos planctónicos, através de processos biológicos em que a fotossíntese tem um papel primordial (razão porque não há saturação à superfície, ele é consumido pela actividade biológica; fig.6), e é incorporado na matéria orgânica ('CH₂O'), libertando oxigénio (O₂).

A reacção exprime-se: CO₂+H₂O→'CH₂O' + O₂

A capacidade de absorção oceânica é máxima nos primeiros 100m, devido à agitação e turbulência do meio marinho, e à penetração da luz, necessária ao fenómeno da fotossíntese.

O oceano controla o CO₂ existente na atmosfera porque a sua capacidade de o absorver em compostos químicos, é cerca de cem vezes a capacidade da atmosfera, razão porque contém cerca de sessenta vezes mais carbono do que a atmosfera.

Depois de incorporado em matéria orgânica, esta é consumida por outros organismos vivos. Esse consumo por processos bioquímicos é proporcional à quantidade que dela existe. Quando a matéria orgânica é mais abundante também maior é o grau de consumo. Esta actividade química e bioquímica faz manter constante o teor

deste gás nos oceanos e, indirectamente, controla o existente na atmosfera.

Este equilíbrio dinâmico decorre do que se costuma designar (em química) por *efeito tampão* do oceano, cuja consequência é a seguinte: apesar do aumento de CO₂ na atmosfera provocar um aumento de carbono inorgânico nas águas oceânicas, este é consumido por processos bioquímicos e por processos químicos que conduzem à formação de ácido carbónico, o que ocasiona apenas um ligeiríssimo aumento da acidez da água do mar. A acidez é também um parâmetro que se mantém praticamente constante.

É devido a este efeito tampão que o pH da água oceânica varia muito pouco, na sequência da adição de uma dada quantidade de ácido ou de base. Um aumento de CO₂ proveniente da atmosfera combina-se com a água, originando ácido carbónico (a reacção, reversível, exprime-se: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$, em que H₂CO₃ é o ácido carbónico). Ora o efeito tampão das águas oceânicas traduz-se na sua capacidade de reagir com o CO₂ e poder “assimilar” uma quantidade considerável de ácido carbónico, fazendo variar muito pouco a acidez (ou o pH) da água. Por esse motivo, o pH oceânico varia pouquíssimo (8± 0,5). O efeito tampão da água oceânica permite-lhe também impedir a entrada de dióxido de carbono, quando a margem de flutuação do pH atinge 0,5.

Pensa-se que a capacidade de enriquecimento em CO₂ das águas oceânicas está ainda longe de ter atingido o seu limite (Varney, em Summerhayes e Thorpe, 1996).

Mas porque é importante o CO₂?

O dióxido de carbono é um gás de efeito de estufa (GEE)*, isto é, tem capacidade de absorção de energia calorífica (ver caixa 8). O CO₂ absorve as radiações solares (de pequeno e longo comprimento de onda) e as actividades humanas têm feito crescer as emissões deste gás para a atmosfera.

Pelo que ficou dito, nomeadamente pela sua capacidade de absorção, o oceano controla o teor em CO₂ da atmosfera, de forma a manter-se o equilíbrio (que é dinâmico), contribuindo igualmente para o equilíbrio térmico do planeta. Como responderá o oceano às novas emissões de CO₂ é ainda incompletamente conhecido. Na realidade, o processo é muito complexo e a investigação tem que prosseguir para se obter uma resposta fundamentada àquela pergunta.

Caixa 8

*O sistema global, incluindo todos sistemas terrestres referidos na introdução, emite para o espaço radiações de grande comprimento de onda que compensam as de pequeno comprimento de onda que nos chegam do Sol. A atmosfera, através dos seus componentes, tem capacidade de impedir que uma parte das radiações de grande comprimento de onda se escape para o espaço, permitindo as temperaturas existentes. É essa capacidade que se designa por **efeito de estufa**. Ele é fundamental, pois estima-se que, se ele não existisse, a temperatura média do planeta (que é hoje de 15°C) seria de -19°C.*

As actividades humanas, nomeadamente o uso de combustíveis fósseis, as mudanças de uso do solo e as desflorestações têm contribuído para aumentar na atmosfera os gases que têm essa capacidade de reter as radiações de grande comprimento de onda. De entre eles salienta-se o dióxido de carbono, cuja concentração na atmosfera parece ter aumentado 25% desde o início da era industrial.

O dióxido de carbono tem quatro reservatórios: a atmosfera, a biosfera, a hidrosfera e a litosfera. O carbono armazenado na atmosfera é de cerca de 725 milhões de toneladas, cerca de 2 180 milhões repartem-se pela biosfera e litosfera (organismos vivos, solo e sub-solo) e cerca de 38 400 milhões de toneladas na hidrosfera marinha, ou seja, nos oceanos.

Estima-se que cerca de 7 milhões de toneladas de carbono sejam enviadas para a atmosfera por ano, resultado das actividades humanas. Na atmosfera, resta cerca de metade, enquanto a maior parte do remanescente é absorvido pelo oceano.

Entende-se, assim, a importância do oceano neste balanço gasoso do sistema atmosférico. Aliás, uma maior concentração de dióxido de carbono na atmosfera, desencadeia, na faixa epipelágica, uma maior actividade fotossintética, consumidora deste gás, contribuindo para manter o equilíbrio planetário.

2.3. O oceano como regulador térmico

Sendo o oceano o principal reservatório de água do planeta, é também ele o grande fornecedor de água à atmosfera e, pelo seu comportamento no ciclo do carbono e pelo diferente comportamento ao aquecimento e arrefecimento que revela face às terras emersas, é também um regulador térmico da terra.

O oceano tem menores variações térmicas do que os continentes, devido ao diferente calor específico, ou seja, à quantidade de calor necessária para elevar de um grau a temperatura da unidade de massa. Na água, a quantidade de calor necessária para fazer elevar a sua temperatura de 1°C é maior (sem mudança de estado). A consequência é que o oceano aquece mais lentamente do que as terras emersas, mas também arrefece mais lentamente do que elas. Com efeito, o calor penetra até várias dezenas de metros de profundidade no oceano (enquanto nas áreas emersas atinge apenas alguns centímetros). Este facto advém essencialmente da dinâmica das águas superficiais oceânicas, que são animadas de vários movimentos (nomeadamente correntes superficiais e ondas), promovendo a homogeneidade térmica da água.

O arrefecimento das águas oceânicas superficiais é muito lento, uma vez que a água fria, por ser mais densa, tem tendência a mergulhar. Nestas condições, na estação mais fresca, o ar que circula sobre os oceanos é mais tépido do que aquele que tem uma trajectória sobre os continentes, que rapidamente perdem o calor da película superficial anteriormente aquecida. Na estação mais quente, o ar que circula sobre os continentes é mais quente do que circula sobre os oceanos cujo aquecimento se processa muito lentamente.

Este fenómeno é responsável pela amenidade térmica das regiões litorais.

Por outras palavras, o oceano funciona como um regulador da temperatura do planeta e fornecedor de humidade, sendo juntamente com a atmosfera, responsável pelas condições climáticas à superfície.

Tal como sucede ao resto do planeta, também os oceanos têm vindo a registar um aumento de temperatura (existem registos para os últimos 100 anos). A consequência é a denominada expansão térmica dos oceanos. Os oceanos, por efeito do aumento da sua temperatura, aumentam de volume. A consequência imediata é a subida do nível do mar. Este fenómeno é preocupante e está já a afectar quase todas as costas do Mundo, que são os locais mais densamente povoados.

2.4. As correntes superficiais

O meio oceânico é caracterizado por um grande dinamismo da água, de que se refere apenas o superficial. O padrão dos ventos e as trocas globais de calor nos oceanos são as fontes dos processos oceânicos, assegurando as correntes oceânicas as transferências de calor.

Antes mesmo de referir as causas deste fenómeno e que estão intimamente relacionadas com o dinamismo atmosférico, importa dar uma ideia dos enormes volumes de água envolvidos. Apenas a título de exemplo, refira-se que a Corrente do Golfo parecer deslocar cinquenta a setenta vezes o volume de água de todos os rios. Mas as correntes, ao contrário dos rios e à semelhança do que se passa com os glaciares em terra, podem subdividir-se, portanto difluir.

À excepção do Ártico, de menores dimensões e numa bacia oceânica confinada por três continentes, os três grandes oceanos apresentam um padrão idêntico de correntes superficiais, mais bem definidas no Pacífico e no Atlântico. Neles existem células de águas superficiais com movimento rotativo, vórtices ou giros, verdadeiros sistemas rotativos de correntes, uns com movimento anticiclónico e outros com movimento ciclónico (caixas 9 e 10 e fig.8).

Os vórtices que afectam as latitudes mais baixas, em ambos os hemisférios, que se podem designar por vórtices ou giros subtropicais, são constituídos pelas correntes Norte e Sul Equatoriais, entre o equador e os trópicos, com circulação de oriente para ocidente e que afectam uma faixa latitudinal com cerca de 200km de largura. Esta zona com a referida circulação reconhece-se perfeitamente nos dois maiores oceanos (fig.8).

Como se referiu, as correntes superficiais oceânicas têm a propriedade de difluir. Com efeito, as duas correntes referidas difluem com a aproximação do continente americano e do asiático.

No hemisfério norte, os vórtices subtropicais são constituídos pelas correntes Norte Equatoriais e continuam-se pela Corrente do Golfo, no Atlântico, e a de Curosoivo, no Pacífico, que constituem a componente ocidental do referido vórtice (fig.8)⁹.

⁹ Nos dois grandes oceanos existem ainda as Contra Correntes Equatoriais.

Caixa 9

A superfície do oceano quando impelida pelo vento sofre um deslocamento. Esse deslocamento da massa de água superficial não tem exactamente a mesma direcção do vento, pois a corrente de água é deflectida. Dentro da massa de água superficial, que pode ter uma espessura entre 100 e 150m, essa mudança cresce com a profundidade, de acordo com a espiral de Ekman¹ (fig. 9.1). A deflecção é de 45° à superfície e vai aumentando em profundidade, à medida que a deslocação da água se torna mais lenta, de tal forma que a direcção resultante e que afecta toda a massa de água faz um ângulo de 90° com a direcção do agente forçador, isto é, o vento. Tal fenómeno ocasiona consequências distintas nos vórtices de água anticiclónicos e ciclónicos (ver caixa 10).

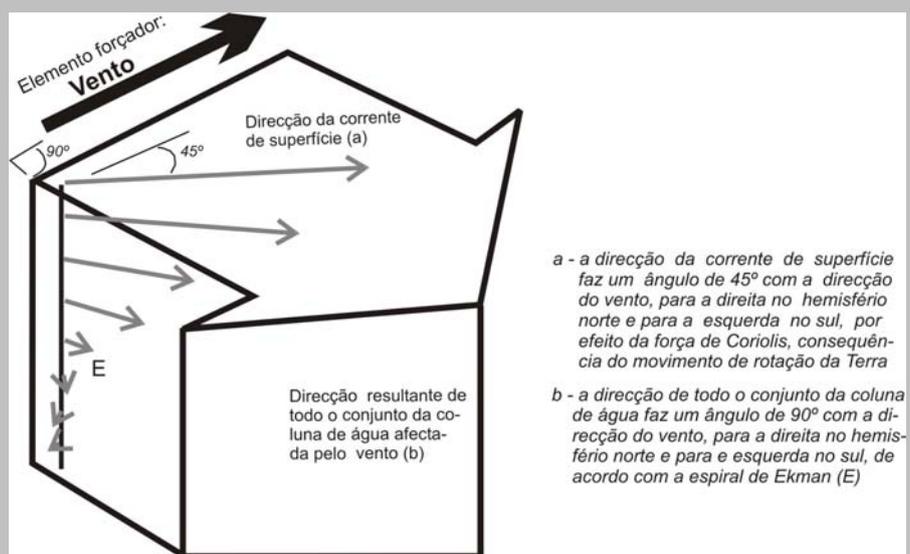


Fig. 9.1 – O transporte de Ekman. Baseada em Duxbury e Duxbury (1993).

¹ Ekman foi um físico sueco que, em 1902, desenvolveu o modelo matemático que explica a deflecção.

Continuando o vórtice subtropical, e já nas latitudes médias, estas correntes ocidentais inflectem para nordeste, constituindo as Correntes do Atlântico Norte (ou Deriva do Atlântico Norte) e do

Caixa 10

Nos vórtices anticiclónicos oceânicos (fig. 10.1a esquerda), de acordo com o transporte de Ekman (caixa 9), facilmente se deduz que a água se movimenta para o centro do vórtice ou giro, provocando uma sobre-elevação da superfície no centro do giro, de cerca de 1m. Esta intumescência no centro do vórtice ocasiona o deslize da água para os lados do giro, por efeito da gravidade. Quando estas duas condições se equilibram a corrente gira em torno do centro do vórtice, isolando a água da parte central.

Nas massas de água com vórtices ciclónicos e ainda de acordo com o transporte de Ekman, a água diverge do centro do giro (fig. 10.1, à direita), originando uma detumescência da superfície do oceano.

Estes movimentos de água são compensados por refluxo de água superficial para baixo (downwelling), no primeiro caso, e de afluxo de água mais profunda (upwelling), no segundo.

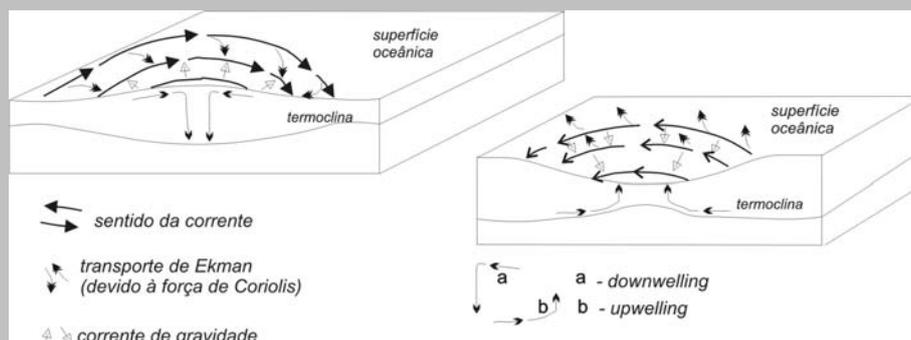


Fig. 10.1 - Intumescência (à esquerda) e detumescência (à direita) da superfície oceânica nos vórtices anticiclónicos e ciclónicos respectivamente, na sequência do transporte de Ekman.

Pacífico Norte. Parte destas correntes difluem, em ambos os oceanos, dando origem ao tramo oriental do vórtice, a Corrente das Canárias, no Atlântico, e da Califórnia, no Pacífico. No hemisfério sul, os vórtices são ainda mais perfeitos, dado que o confinamento oceânico é menor, mas a circulação faz-se em sentido oposto, como se entre eles existisse um espelho. Em cada um dos vórtices subtropicais do hemisfério norte, o tramo mais activo, onde as velocidades da água são maiores, é o do ocidente dos oceanos, enquanto no hemisfério sul, é o tramo oriental.

No hemisfério meridional, são as Corrente de Benguela e do Peru, ou Corrente de Humboldt, mais fortes do que da Corrente do Brasil e do que a Corrente Oriental da Austrália (fig.8).

Destes giros subtropicais do hemisfério sul, faz ainda parte a Corrente Circumpolar Antártica, que atravessa os três oceanos e afecta uma coluna de água com 3000m de espessura. É um elemento fundamental da circulação oceânica, conferindo unidade mundial ao oceano, artificialmente dividido.

No oceano Índico, o padrão das correntes é bem mais complicado, por ser perturbado pelo regime das monções e pelo confinamento da parte setentrional deste oceano. Saliente-se, porém, a forte Corrente das Agulhas ou de Moçambique, em contraste com a Corrente Ocidental da Austrália (fig.8). A primeira assegura a exportação de água do Índico para o Atlântico.

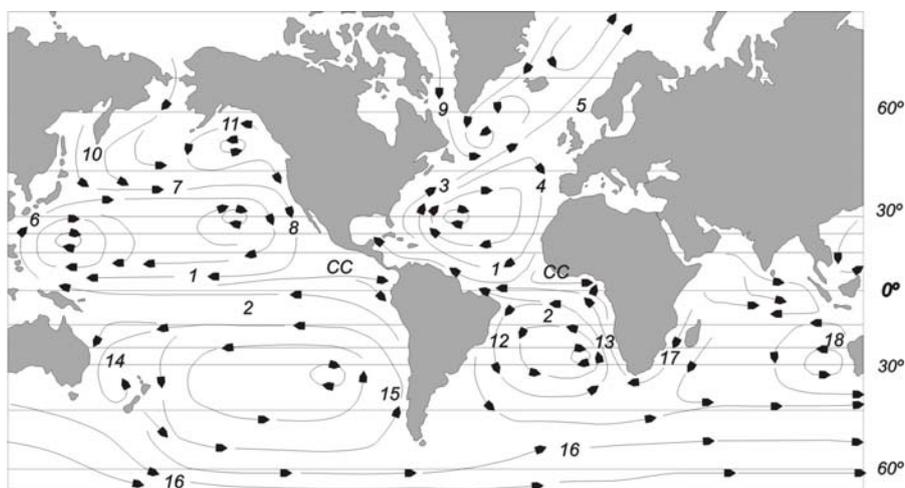


Fig. 8 – As principais correntes superficiais oceânicas. 1 - Corrente Equatorial do Norte; 2 - C. Equatorial do Sul; 3 - C. do Golfo; 4 - C. das Canárias; 5 - Deriva do Atlântico Norte; 6 - C. de Curosoivo; 7 - C. do Pacífico Norte; 8 - C. da Califórnia; 9 - C. de Labrador; 10 - C. de Oiasivo; 11 - C. do Alasca; 12 - C. do Brasil; 13 - C. de Benguela; 14 - C. Oriental da Austrália; 15 - C. de Humboldt ou do Peru; 16 – C. Circumpolar Antártica; 17 – C. das Agulhas ou de Moçambique; 18 – C. Ocidental da Austrália: CC – Contra Corrente

Ao norte e ao sul dos vórtices subtropicais, no hemisfério norte, as correntes formam um giro ciclónico, mais bem definido no Pacífico, em comparação com o Atlântico, atendendo à menor perturbação que ali exercem as terras emersas. Dele fazem parte, no Pacífico, as Correntes de Oiasivo e do Alasca.

Nos vórtices referidos, as correntes que sobem em latitude, são correntes quentes (têm origem em áreas com águas mais quentes do que por aquelas por onde vão passar), enquanto as que descem em latitude são mais frias do que as águas que atravessam.

Analisando a circulação superficial oceânica anteriormente descrita e comparando-a com a distribuição dos campos médios de pressão atmosférica à superfície e a trajectória dos ventos, podemos avaliar a coincidência quase perfeita entre os movimentos superficiais do oceano e dos ventos atmosféricos. As correntes superficiais são influenciadas pela circulação atmosférica (ventos), pelo tipo de variação latitudinal das temperaturas (gradientes mais ou menos fortes), pela circulação em profundidade¹⁰, pela rotação da Terra e, ainda, pelas características da bacia oceânica, nomeadamente a sua dimensão e profundidade, sua morfologia e interconexão com outras bacias.

O conhecimento das correntes e das características das águas em presença é muito importante porque a maior variedade e concentração de *plancton* ocorre em águas com contrastes de temperatura e salinidade, entre as correntes quentes e frias ou no contacto entre uma corrente e a contracorrente, para além da proximidade da foz dos rios, onde contactam águas com características de temperatura e de salinidade muito diferentes. São, portanto, essas faixas de contacto de águas diferentes que têm maior riqueza pesqueira (ponto 4). Mas o conhecimento das correntes é também importante para a navegação, para a instalação de portos, para avaliação de áreas de lazer em espaço litoral (ponto 3) ou mesmo no transporte e descargas de resíduos industriais e municipais (ponto 4), que podem ser transportados para locais muito longínquos das fontes poluidoras.

¹⁰ Como se referiu no início, privilegiaram-se as águas oceânicas superficiais, razão porque não se trata aqui a circulação em profundidade.

2.5. As ondas

Para além das correntes superficiais, o oceano é animado de ondas, essencialmente de dois tipos: as ondas superficiais e as ondas internas.

Não trataremos aqui as ondas internas, que se propagam mais lentamente do que as ondas superficiais, necessitam de menor energia para se gerarem do que as anteriores e são importantes nos processos de mistura verticais. Ocorrem nos oceanos, por exemplo, no contacto entre duas massas de água de densidade diferente.

Nas ondas superficiais é costume distinguirem-se as ondas oscilatórias e as ondas translacionais, estas últimas resultado da transformação das oscilatórias com a aproximação da linha de costa, e que resultam dos movimentos entre os dois fluidos em contacto (o ar e a água).

As ondas de maré constituem um tipo distinto de ondas, por serem consequência de forças externas que perturbam os fluidos, como por exemplo a atracção gravitacional da Lua e do Sol (caixa 11).

Por se ter privilegiado, no contexto dos temas tratados neste livro, a parte superficial do oceano, salientam-se sobretudo as ondas superficiais, quer no que respeita à interacção do oceano com a atmosfera (ondas oscilatórias), quer pela importância que têm nos litorais (ondas translacionais e ondas de maré), tratados no ponto seguinte.

Imaginemos a superfície oceânica estática e sobre ela uma camada atmosférica animada de movimento, ou por outras palavras, onde há vento. Como é sabido, movimento do ar é o resultado das diferenças de pressão atmosféricas, dirigindo-se este das altas para as baixas pressões. Nessa deslocação, as “partículas” de ar chocam com as “partículas” de água (fig.9). Estas últimas são deslocadas da sua posição de equilíbrio (como que empurradas para baixo pelo ar) e para de novo voltarem à sua posição original necessitam de energia. Nas ondas superficiais, a energia que restaura a posição de equilíbrio é a força gravitacional da Terra (como se as partículas sofressem maior impulsão e voltassem à superfície), a que se associa a tensão superficial das moléculas de água, que se traduz

Caixa 11

As **marés** são as ondas oceânicas de maior comprimento de onda e que se caracterizam pela subida e descida rítmicas do nível do oceano, num período de várias horas. Traduzem-se na deformação do fluido (neste caso a água oceânica) como resultado da atracção gravítica (especialmente da que a Lua exerce sobre a Terra) e da força centrífuga de massas sólidas com movimento rotacional e translacional (como sucede com a Lua e com a Terra). Segundo a Lei de Newton, dois corpos sofrem uma força de atracção (F) que é directamente proporcional ao produto das suas massas (M_1, M_2, \dots) e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os seus centros.

$F = G \cdot (M_1 \cdot M_2) / r^2$, em que G é a constante gravítica universal

Ao anterior deve acrescentar-se que: a) a atracção que a Lua exerce sobre a Terra, apesar de possuir menos massa, é maior do que a exercida pelo Sol, muito longínquo; b) que qualquer "partícula que não esteja no centro dos corpos sofre uma força ligeiramente diferente (F'). O valor residual ($F - F'$) é a força geradora das marés.

O fluido deformado define 2 máximos e 2 mínimos. Pode dizer-se que o comprimento de onda é igual a metade da circunferência da Terra.

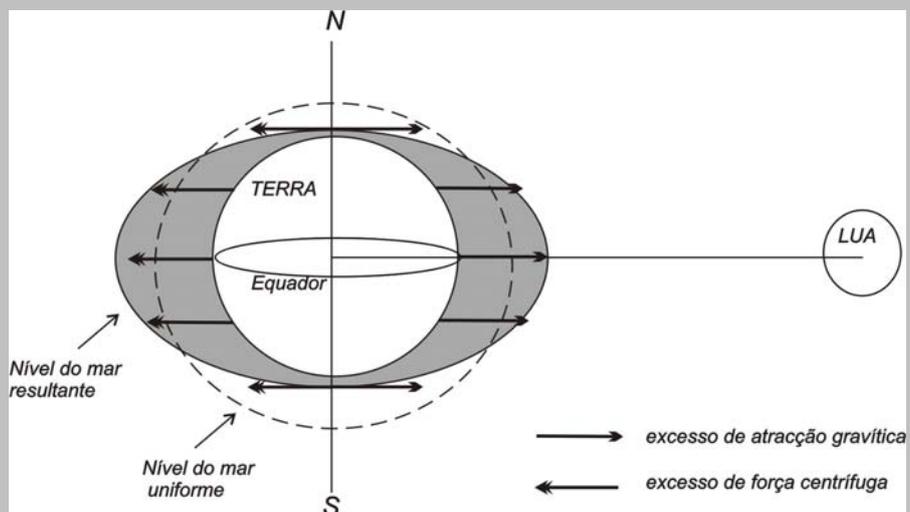


Fig. 11.1 – Distorção da superfície do fluido pelas forças gravíticas e centrífugas.

A rotação da Terra faz-se em 24h. Mas enquanto a Terra roda, a Lua desloca-se na sua órbita em torno da Terra. Passadas 24h, um ponto na Terra que estivesse 24h antes directamente sob a Lua, já não estará. A Terra necessita para isso que rodar mais 12°, o que requer mais 50 minutos, para que o referido ponto fique de novo sob a Lua. Por essa razão, a maré diária lunar não é de 24h, mas de 24h 50min, o que explica que a maré chegue a um mesmo local, no dia seguinte, 50m mais tarde.

(cont.)

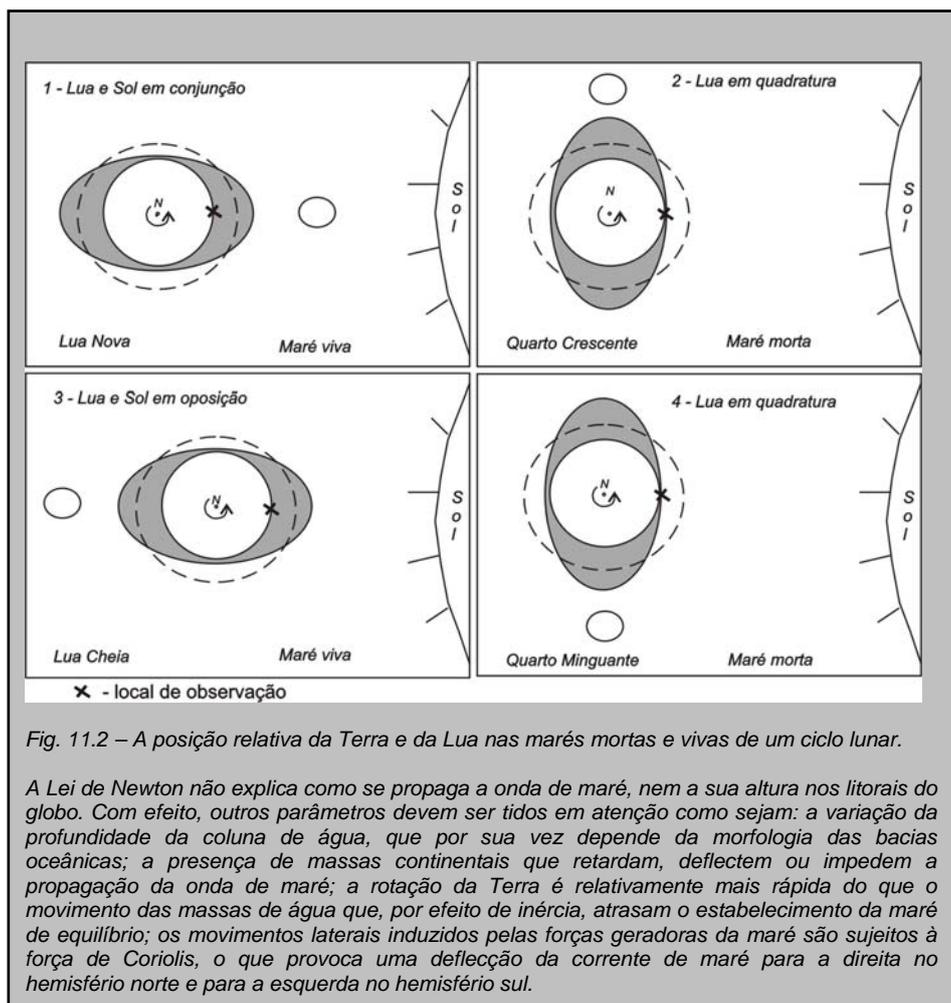


Fig. 11.2 – A posição relativa da Terra e da Lua nas marés mortas e vivas de um ciclo lunar.

A Lei de Newton não explica como se propaga a onda de maré, nem a sua altura nos litorais do globo. Com efeito, outros parâmetros devem ser tidos em atenção como sejam: a variação da profundidade da coluna de água, que por sua vez depende da morfologia das bacias oceânicas; a presença de massas continentais que retardam, deflectem ou impedem a propagação da onda de maré; a rotação da Terra é relativamente mais rápida do que o movimento das massas de água que, por efeito de inércia, atrasam o estabelecimento da maré de equilíbrio; os movimentos laterais induzidos pelas forças geradoras da maré são sujeitos à força de Coriolis, o que provoca uma deflecção da corrente de maré para a direita no hemisfério norte e para a esquerda no hemisfério sul.

na tendência que têm de se manterem lado a lado e exporem a menor superfície possível ao ar (e que é a forma circular). Gera-se assim um movimento circular das partículas de água, movimento oscilatório, e essa “força” de restauro do movimento fornece a energia necessária para transmitir à partícula contígua a energia indispensável para propagar o movimento (fig.9).

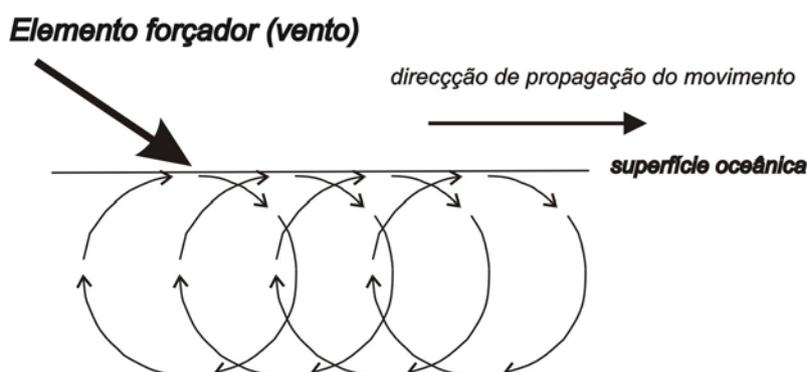


Fig. 9 – O movimento ondulatório das partículas de água criado pelo vento.

Para que as partículas de ar actuem sobre as de água é necessário que a velocidade do vento exceda 1m/s (ou ms^{-1}) e a sua direcção se mantenha constante. Nessas condições, sobre a superfície oceânica, ou varrido, formam-se ondas cuja velocidade de propagação nunca atinge a velocidade do vento, porque parte da energia do vento é transferida para a superfície do oceano, como força tangencial, criando uma corrente de superfície, parte da energia eólica é dissipada por fricção e, ainda, parte dessa energia perde-se por transporte de pequenas gotículas de água arrancadas à superfície oceânica (nas cristas das ondas).

Por acção do vento, as partículas de água são então animadas de um movimento circular que se propaga, sem haver transporte de água. Trata-se apenas de transferência de energia. Este fenómeno é facilmente constatado, quando se observa ao largo um pedaço de cortiça, ou qualquer outro material flutuante. Este movimenta-se apenas para cima e para baixo, sem avançar nem recuar. As ondas transferem a perturbação (neste caso o impacte das partículas de ar nas partículas de água) de um local para outro. A perturbação propaga-se através do fluido (água) sem que haja realmente movimento do fluido e essa propagação faz-se sem distorção significativa da forma da onda e a uma velocidade constante.

Mas a propagação sem distorção da forma da onda e a velocidade constante só ocorre em determinadas circunstâncias, ou seja, em águas profundas, o que quer dizer, naquelas em que a profundidade permita às partículas realizar, sem constrangimentos, o seu movimento orbital (como se explica adiante).

As ondas caracterizam-se por uma parte saliente, a crista da onda, e uma deprimida, a cava da onda. O espaço entre duas cavas consecutivas ou duas cristas consecutivas designa-se por comprimento de onda (caixa 12). Ora, considera-se que as águas são profundas, quando a espessura da coluna de água é superior ou igual ao comprimento de onda. Quando essa espessura diminui, nomeadamente quando é inferior a metade do comprimento de onda, o movimento das partículas deixa de ser circular, começa a achatarse, tornando-se elíptico (fig.10). Com a aproximação a terra, a espessura da coluna de água vai diminuindo, o movimento deixa de se poder fazer, e quando a espessura da coluna de água é inferior a um vigésimo do comprimento de onda, a onda rebenta, passando a ser uma onda translacional, ou por outras palavras, passando a haver transporte (translação) de água. Aí, o nosso pedaço de cortiça já não terá o movimento anteriormente descrito, mas terá uma deslocação para terra.

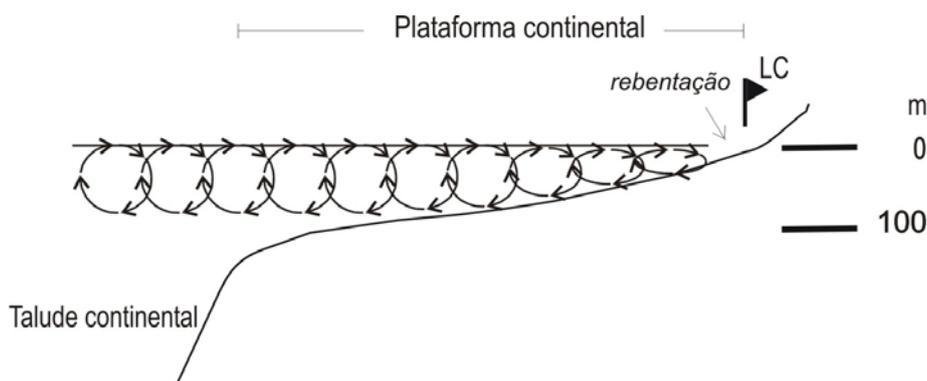


Fig. 10 – A modificação do movimento orbital com a aproximação de terra.
LC - linha de costa.

Caixa 12

O movimento ondulatório oceânico, como qualquer outro movimento ondulatório, pode caracterizar-se por um conjunto de parâmetros. Para além do **comprimento de onda** (C), que corresponde à distância que separa duas cristas ou duas cavas, as ondas caracterizam-se pela sua altura. A **altura da onda** (A) corresponde ao diâmetro orbital do círculo descrito pelas partículas de água, ou seja, é a distância, na vertical, entre a crista e a cava (fig. 12.1). Contudo, raramente se fala apenas de altura da onda, porque há pequenas variações, resultantes do facto do elemento forçador no varrido não ter sempre a mesma energia (a mesma velocidade), o que se traduz nas referidas variações. Costuma falar-se em **altura significativa** ($A_{1/3}$), que corresponde à altura média de um terço das ondas mais altas que ocorrem num determinado período de tempo. A **altura máxima** (A_{max}) corresponde ao valor extremo alcançado, num determinado espaço de tempo. Este valor é também fundamental, uma vez que ele não pode ser subestimado aquando da construção de estruturas litorais, quer elas sejam estruturas de defesa ou portos.

Os parâmetros até agora referidos exprimem-se em metros.

A **amplitude da onda** (A_p), que corresponde à elevação da crista relativamente ao nível geral do mar, é metade da altura da onda.

As ondas caracterizam-se também pelo seu período e frequência. O **período** (T) das ondas corresponde ao intervalo de tempo que medeia entre a passagem por um mesmo local de duas cristas consecutivas ou duas cavas consecutivas e exprime-se em segundos. A **frequência** (F) é o número de cristas ou de cavas que passa num determinado local por unidade de tempo (por segundo).

As ondas propagam-se a uma **velocidade** (V) que é a razão entre o comprimento de onda e o seu período e com uma **direcção de propagação** que é perpendicular às cristas ou às cavas (a designada **ortogonal da onda**) e um **sentido** que é o da deslocação das cristas ou das cavas.

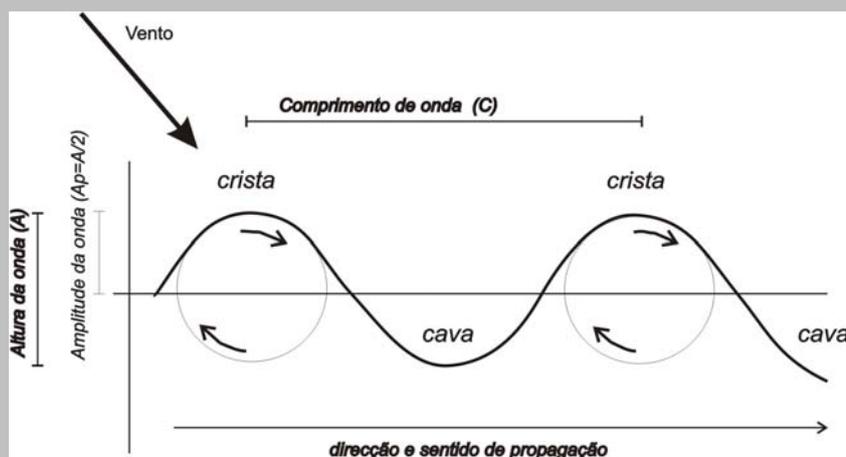


Fig. 12.1 – Alguns parâmetros de caracterização das ondas.

Para ter uma ideia da ordem de valores destas duas variáveis (comprimento de onda e espessura da coluna de água), pode dizer-se que são frequentes comprimento de onda da ordem da centena de metros, o que implica que, para que o movimento orbital se faça sem constrangimentos são necessárias profundidades de pelo menos essa ordem de grandeza.

O quadro 3 mostra a relação entre a velocidade do vento, que é o elemento forçador da ondulação, a extensão sobre a qual ele actua, o varrido, e alguns parâmetros de caracterização da ondulação* (caixa12). Aí se pode avaliar a relação entre a velocidade do vento e a altura da onda, e entre esta e a extensão do varrido.

A propagação da ondulação depende da posição dos organismos isobáricos, ou seja, da posição relativa dos anticlones e das depressões atmosféricas. A direcção de propagação da ondulação é definida pela posição do anticiclone face à depressão.

Vejamus um exemplo na costa portuguesa.

O tipo de mar ¹¹ mais frequente é o denominado Mar de Noroeste que ocorre, em média, em cerca de 280 dias no ano. É caracterizado por uma ondulação que se propaga de noroeste para sudeste, e que pode gerar-se em diversas situações sinópticas como se ilustra na figura 11 (ser gerada no bordo oriental de uma célula anticiclónica situada sobre o oceano a noroeste de Portugal com uma depressão

Quadro 3 – Relação entre a velocidade do vento, a extensão do varrido e alguns parâmetros da onda.

Velocidade do vento (V) (m/s)	Extensão do varrido* (V) (km)	Altura significativa* ($H_{1/3}$) (m)	Período da onda (P) (s)
10	200	2,1-2,4	7,0-8,0
10	1000	2,4-2,7	8,0-11,0
20	200	4,3-5,2	8,5-10,0
20	1000	8,9-11,0	15,0-16,0
30	200	7,9-8,2	10,0-12,0
30	1000	15,0	15,0-19,0

Extraído de Chorley *et al* (1984).

¹¹ O tipo de mar é caracterizado por uma direcção de propagação da onda.

sobre a Península; ser ocasionado por uma circulação de noroeste pós-frontal ou por uma situação depressionária). A figura 11 ilustra os fluxos de ar forçadores deste tipo de ondulação.

A ondulação que tem vindo a ser referida, originada no varrido, pode designar-se por ondulação de geração *longínqua*. Mas, pode também existir ondulação de *geração local*, desde que exista vento persistente junto à costa. Tal sucede, por exemplo, em Portugal, na sequência da Nortada.

A figura 12, mostra os dois tipos de ondulação na costa portuguesa ao largo de Matosinhos, no dia 9/6/58. Estes dois tipos de ondulação podem ocorrer na sequência de uma situação atmosférica como a

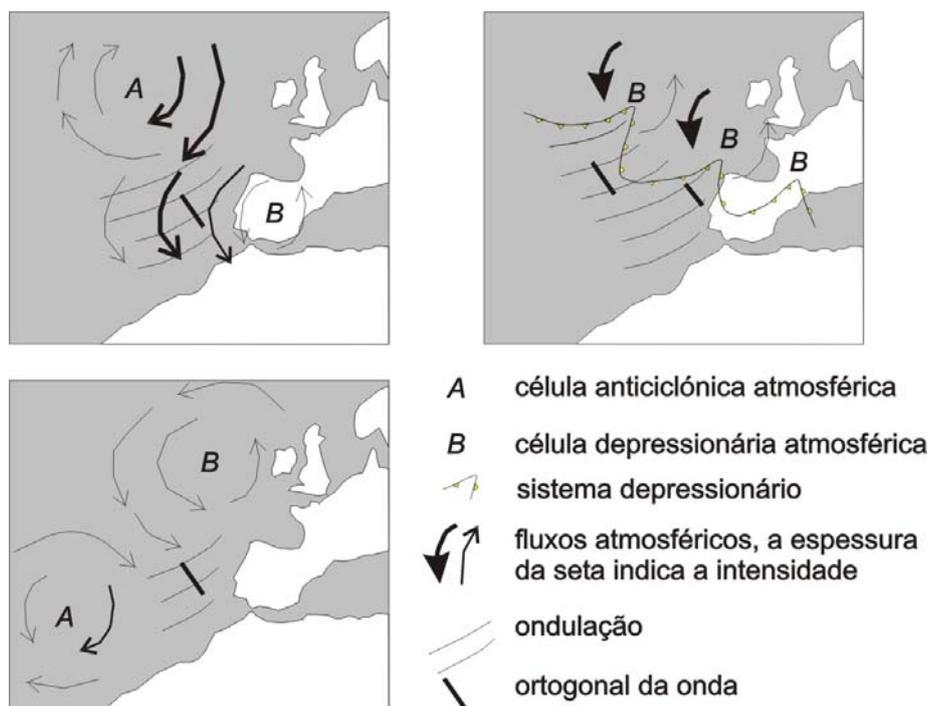


Fig. 11 – Ondulação de noroeste, gerada no bordo oriental de um anticiclone e numa situação pós-frontal.

esquemática na primeira imagem da figura 11, desde que esta circulação sinóptica seja duradoira, o que ocorre durante o Verão, estando a célula depressionária centrada, em geral, na metade sul da Península Ibérica. Gera-se um sistema de ventos de componente norte, que afecta todo o território litoral português, bem como uma faixa de mar contígua. A persistência destas condições, pode permitir a formação de uma ondulação de nor-noroeste, de menor comprimento de onda do que a ondulação de geração longínqua (porque o varrido é menor, bem como a constância do vento, que, no caso da nortada, é mais intenso durante o dia; fig.12).

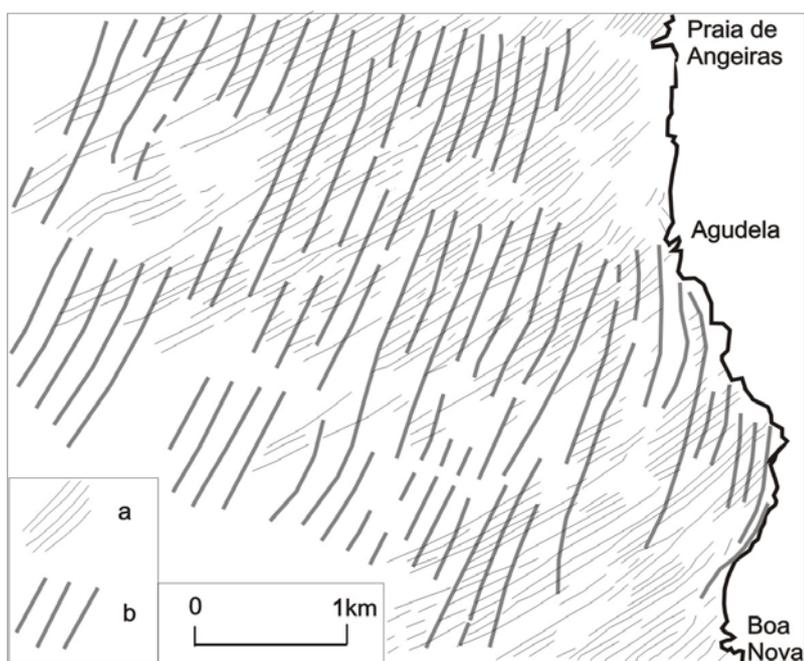


Fig. 12 – Ondulação de geração longínqua (de noroeste) e de geração local (nor-noroeste), na sequência da Nortada, no litoral ocidental de Portugal continental, no dia 12/6/98. a - ondulação de geração longínqua; b - ondulação de geração local. Baseado na fotografia aérea.

3. OS OCEANOS E O LITORAL

O litoral está, por definição, intimamente associado à presença do mar. Contudo, os seus limites interiores e exteriores não são rígidos, dependendo do objectivo da análise e das ilações que daí se pretendam extrair, nomeadamente no quadro do ordenamento do território. Por esse motivo, começar-se-á por explicitar alguns conceitos de litoral. Mais do que apresentar uma simples definição, procurar-se-á discutir as diferentes formas de abordagem do litoral.

3.1. Os conceitos de litoral

Não é fácil definir o litoral. Podemos defini-lo como *uma área onde interactuam processos marinhos e continentais, criando sistemas cujo equilíbrio depende das diversas combinações das condições naturais com as induzidas pela acção do homem*. Esta definição, muito sintética e abrangente, não é facilmente apreensível, nem esclarece quais os limites do litoral.

Atendendo à litoralização acentuada que se vem assistindo no planeta, considera-se que o ordenamento sustentável e gestão do litoral só é possível conhecendo a sua dinâmica (natural e induzida pela acção do homem). Mas como definir, de maneira facilmente perceptível, o litoral, os seus componentes e os seus limites?

Considera-se aqui *litoral constituído pelas áreas emersas e submersas em que ocorrem trocas transversais entre as diferentes esferas que aqui se inter cruzam*. Pretende-se assim incluir as áreas habitualmente consideradas litorais (as emersas), mas também a parte interna da plataforma continental* (caixa 2).

As praias, por exemplo, ilustram bem esta relação, através da sua evolução ao longo do ano (fig.13). As praias evoluem estacionalmente: no Inverno diz-se que emagrecem e que no Verão há reposição de areia. Com efeito, no Inverno, o clima de agitação marítima tem algumas peculiaridades, nomeadamente a ondulação é mais energética e ataca a praia, retirando-lhe parte da areia (foto 1). No entanto, essa areia vai acumular-se na praia submersa (esta já na plataforma continental interna), originando uma barra de areia, que a população litoral costuma designar por coroa, que raramente emerge e, a partir da Primavera, em especial depois da maré equinocial, vai migrando para a praia. Assim se repõe a areia que foi removida no

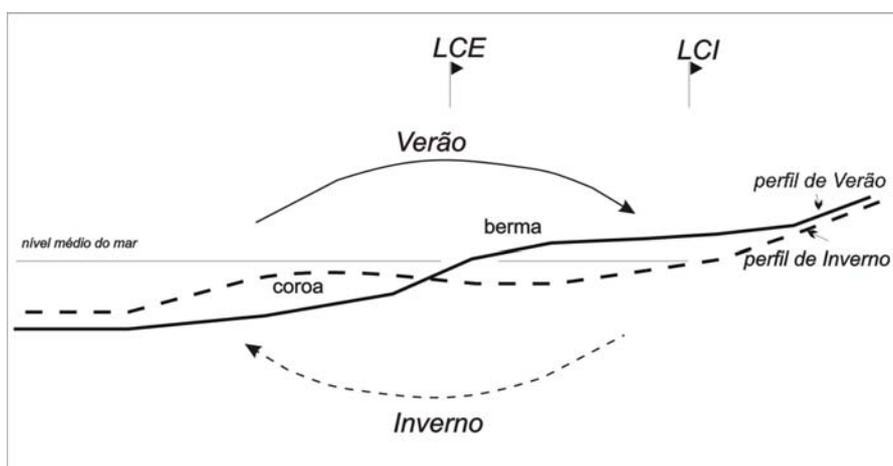


Fig. 13 – Variação estacional do perfil da praia. As setas maiores indicam a dinâmica das areias. LCE - linha de costa estival; LCI - linha de costa invernal.



Foto 1 – Uma praia em perfil de Inverno, na costa portuguesa.

Inverno. É uma variação normal e, desde que este ciclo se complete, pode dizer-se que a praia está em equilíbrio. Este equilíbrio é, portanto, um equilíbrio móvel ou dinâmico.

O conhecimento deste ciclo tem implicações de ordem diversa. Por um lado mostra claramente que quando se analisa uma praia se deve ter em conta a praia emersa e a submersa, porque elas formam um todo interdependente, que designamos por sistema praia. Por outro lado, quando se pretende avaliar se uma praia está em erosão ou, pelo contrário, em acumulação, não podemos realizar apenas observações e estudos pontuais e momentâneos, mas é necessária a análise comparativa de vários ciclos anuais.

Mas os ciclos anuais de variação morfológica da praia, vinham a propósito da própria definição de litoral. No exemplo tratado, devemos considerar a praia constituída pela área emersa de acumulação de areia depositada pelo mar, mas também a submersa, até ao limite em que há trocas transversais de sedimentos (areia e conchas fundamentalmente).

Com este exemplo pode concluir-se que o limite exterior de um litoral com praia é o limite exterior da praia submersa.

Porém, se pretendemos estudar o papel da ondulação na dinâmica dos referidos ciclos temos que alargar a análise muito mais para o largo. Porque, salvo no caso da ondulação de geração local, a ondulação (de geração longínqua, ver ponto 2) origina-se muito mais para o largo, no varrido, e transforma-se com a aproximação à costa. Essa transformação depende do declive e da morfologia da plataforma continental, porque estes condicionam a espessura da coluna de água, como vimos no capítulo anterior.

A deformação do movimento orbital das moléculas de água ocorre em locais diferentes, consoante o declive da plataforma continental (caixa13) e logo da altura da coluna de água (fig.10) e traduz-se no tipo de propagação das ondas, com consequências na geração de correntes, nomeadamente a denominada deriva litoral que assegura o transporte de sedimentos ao longo do litoral, a que adiante se voltará.

Depreende-se do exposto, como é difícil definir litoral, pelo menos o seu limite exterior. Podemos dizer que é o *espaço directa ou indirectamente comandado pela dinâmica do mar*, que, como vimos,

Caixa 13

A figura 13.1 dá-nos uma imagem da variação da largura e do declive da plataforma continental portuguesa ocidental. Pode afirmar-se que, de uma forma geral, a plataforma continental é mais larga do extremo norte até à Nazaré. É também aí e ao largo da foz do Tejo que os sedimentos são mais abundantes. Ao largo da Nazaré, existe um acidente morfológico particular, um entalhe muito profundo na plataforma continental - o denominado Canhão da Nazaré - cuja cabeceira fica apenas a 50m da linha de costa. Este acidente é muito importante, porque em condições de particular circulação hidrológica marinha, ocorre a ascensão de águas profundas, mais frescas e ricas em nutrientes, ao longo desse canhão, fenómeno que é responsável pela riqueza pesqueira da região.

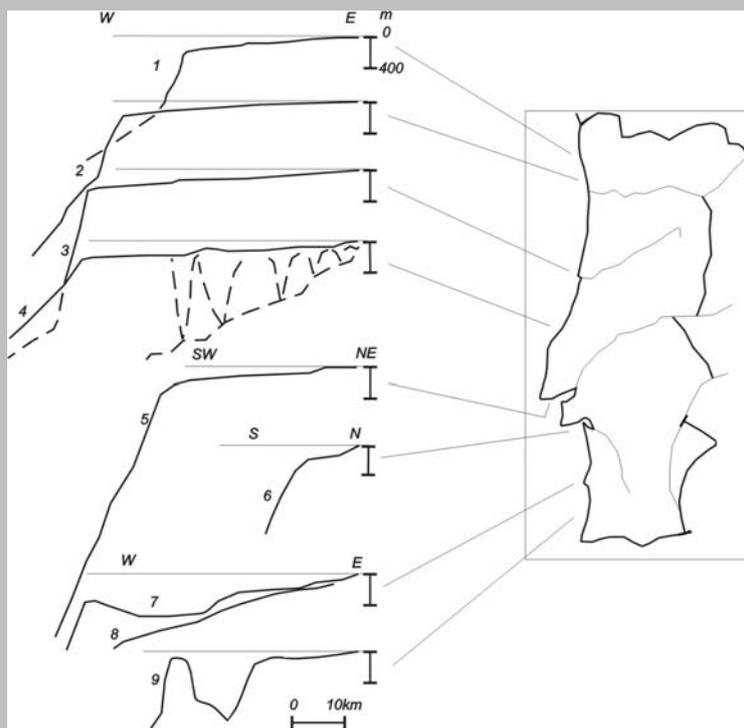


Fig. 13.1 - A plataforma continental ao largo de Portugal ocidental. De norte para sul: 1º perfil 10km a sul de Viana do castelo; 2º Matosinhos; 3º Figueira da Foz; 4º Nazaré; 5º Estoril; 6º Arrábida; 7º e 8º Sines e Vila Nova de Milfontes; 9º Carrapateira. No 4º perfil está assinalado a tracejado o fundo do Canhão da Nazaré e, formando sucessivos V, os entalhes deste profundo canhão.

é animado de uma série de movimentos. Se facilmente se compreende a expressão “directamente comandado pela acção do mar”, porquê indirectamente?

Tomemos agora, como exemplo, as dunas litorais (foto2). São formas de acumulação de areias e fragmentos de conchas transportados pelo vento e não são directamente actuadas pelo mar. Não deixam, por isso de ser formas litorais, pois elas só existem porque há praias a barlavento e estas últimas são directamente comandadas pela acção do mar¹².

Pode então dizer-se que o limite interno do litoral é definido pelo limite a sotavento do campo dunar. E se a costa for uma costa alta, de arriba? Consideraremos aqui como constituinte do litoral apenas a vertente litoral exposta ao mar, cuja parte inferior é directamente comandada pela ondulação (fotos 3 e 4).

Importa também aqui referir um outro aspecto fundamental do litoral. Ele é *uma faixa em permanente mudança de posição, dependendo da escala temporal em análise*. Durante um dia e dependendo do tipo

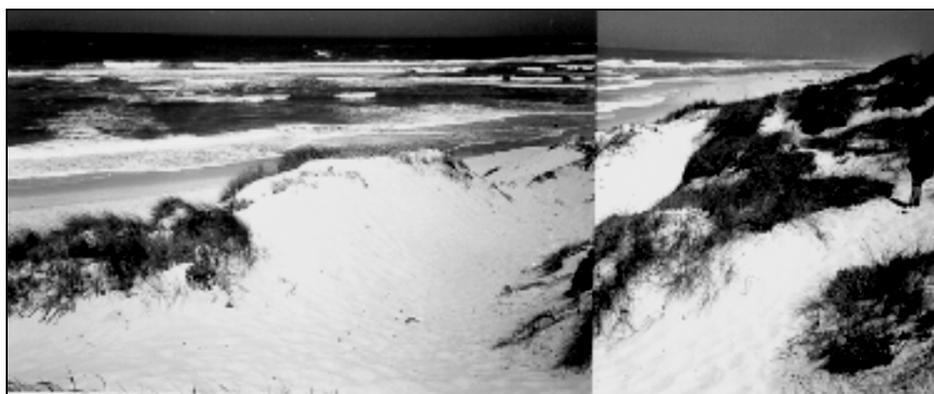


Foto 2 – Campo dunar, em primeiro plano, e praia adjacente, na costa ocidental portuguesa.

¹² As dunas são formas que podem também ocorrer noutros ambientes, nos desérticos. Porém, referimo-nos aqui apenas às dunas litorais.



Foto 3 – Arriba talhada em rochas metamórficas (xistos), na costa alentejana).

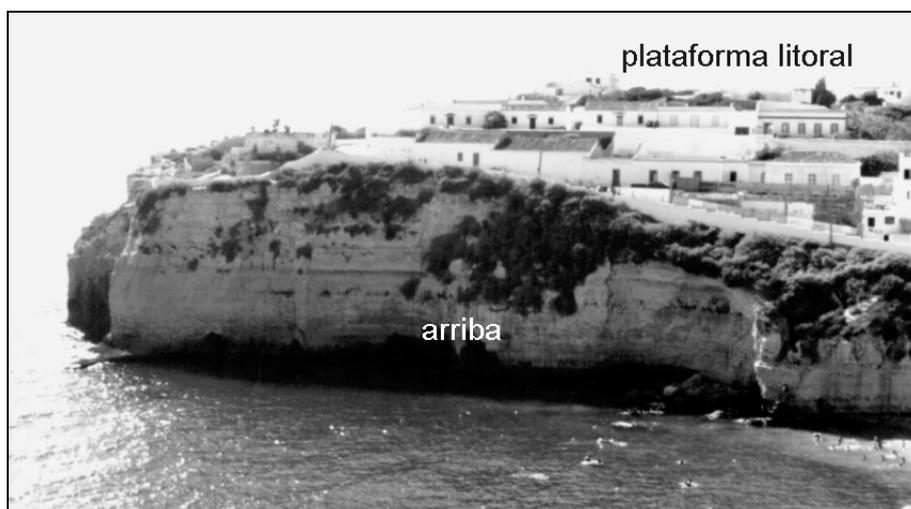


Foto 4 – Arriba talhada em rochas sedimentares (calcários), na costa algarvia.

de maré (caixa 14), a linha de costa, contacto entre o oceano e as terras emersas, é móvel. A mobilidade da linha de costa, muitas vezes esquecida, é diária, condicionada pela altura e energia das ondas e, sobretudo, seguindo a evolução da maré. Esta última, pode ser cíclica e regular ou não. No caso português, em que a maré é semi-diurna e regular e tem uma amplitude de cerca de 4m, esta linha tem uma deslocação vertical dessa ordem de valor, mas na horizontal, o avanço do mar na costa é variável, depende das características altimétricas e das formas litorais. Por outras palavras, numa costa baixa, a penetração do mar em terra é muito maior (fig.14).

Numa escala temporal mais alargada, por exemplo de um século, existe também mobilidade, que designamos de transgressiva ou de regressiva. Os marégrafos, instrumentos que registam as alturas das marés, mostraram que, em média, no planeta, o mar subiu entre 1,5 e 2mm por ano, no último século. Independentemente das causas, que não vem agora a propósito, isto significa uma subida entre 15 a 20cm. Este valor pode parecer baixo, porém tem que ser tido em

Caixa 14

Na caixa 11 foram definidas as marés e as suas causas. Mas as marés não dependem apenas de factores astronómicos, mas também de condições terrestres, como sejam as características morfológicas das bacias oceânicas, como se processam as trocas de água entre as diferentes bacias e, portanto, como se propaga a onda oceânica. Por esse motivo nem todos os litorais têm a mesma amplitude de maré, nem a mesma frequência de ocorrência de maré cheia (preiamar) e maré vazia (maré baixa ou baixamar).

Quanto à amplitude, as marés classificam-se em:

- *micromarés, quando a amplitude entre a maré cheia e a maré vazia é inferior a 2m;*
- *mesomaré, quando aquela amplitude está compreendida entre 2 e 4m;*
- *macromaré quando a amplitude é superior a 4m.*

As marés podem classificar-se quanto ao período dominante em:

- *semi-diurna - com dois máximos e dois mínimos diários;*
- *diurna - com um máximo e um mínimo diário;*
- *mista com máximo e mínimo principais e máximos e mínimos secundários.*

atenção, quando em maré cheia ocorre um temporal, com ondas que podem atingir mais de uma dezena de metros. Todos estes valores somados podem ser suficientes para que o mar galgue várias dezenas de metros para o interior de uma costa baixa.

A figura 14 ilustra dois tipos de litoral, um rochoso e alto, onde ocorrem formas de erosão em rochas coerentes (a arriba), e um litoral baixo, arenoso, ocasionado pela acumulação de materiais soltos, facilmente removíveis pelo mar. Uma subida, pequena que seja, do nível do mar (de nm para nm') permite um avanço do mar para terra muito diferente nos dois casos (representado pelo rectângulo a cinzento, na fig.14). No segundo, para além da linha de costa migrar mais para o interior, o mar passa a atacar o material brando e solto das dunas que, por essa razão, é facilmente removível, caso não migrem também elas para o interior das terras.

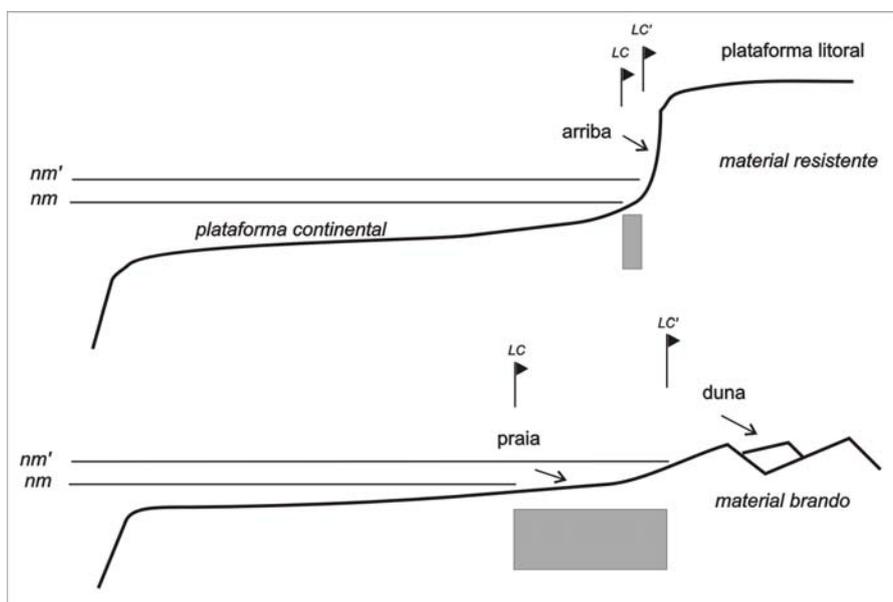


Fig. 14 – Consequências de uma pequena subida do nível médio do mar (de nm para nm') em tipos de litoral distintos, o primeiro um litoral rochoso alto e o segundo um litoral baixo e arenoso. O rectângulo cinzento pretende sugerir essas diferentes consequências, da migração da linha de costa, de LC para LC'.

Numa escala temporal ainda mais alargada, sabemos que as flutuações climáticas a que o planeta tem sido sujeito, originaram igualmente variações do nível do mar, por vezes de grande amplitude, de tal forma que a plataforma continental (ver caixa 13) ou parte dela já esteve emersa, assim como a plataforma litoral (fig.13) já esteve total ou parcialmente submersa.

Podemos, portanto, alargar a nossa definição de litoral, afirmando ser *a porção de território, de dimensões variáveis, que migra constantemente e de forma desigual consoante a escala temporal analisada e também o tipo de litoral, onde o mar exerce ou exerceu a sua acção desde que o homem surgiu*. Esta é a definição mais lata de litoral.

Porém, aqui, trataremos apenas do litoral actual, exceptuando, assim, salvo raras menções, o herdado de posições do mar abaixo ou acima da posição que hoje ocupa.

Porque será importante ter em conta a mobilidade da linha de costa e do litoral? Porque a litoralização crescente baseia-se num pressuposto falso: que o litoral é estático. Pelo contrário, *o litoral é muito dinâmico, corresponde a uma faixa que migra constantemente, animada pelos movimentos oceânicos*. O ordenamento territorial do litoral não pode escamotear este problema, sob pena de fortes desequilíbrios ambientais custos in comportáveis aos erários públicos, para a defesa costeira, mas sobretudo por artificializar por completo um espaço que funciona como motor de importantes actividades económicas¹³.

Referiremos também, adiante, as razões porque o litoral, por se encontrar no entrecruzamento entre as terras e o oceano, é

¹³ O Projecto LOICZ – *Land Ocean Interaction in the Coastal Zone* definiu, “para efeitos práticos”, como litoral as áreas entre -200m e +200m (em IGBP, 1994). Assim definido, o litoral comporta 18% do globo, 60% da população, 2/3 das cidades com mais de 1,6 milhões de habitantes e 90% da captura mundial de pescado, nele se encontrando ainda as principais áreas de concentração agrícola, industrial e urbana. É um espaço sujeito a fortes pressões económicas, acentuados crescimento demográfico e dos índices de urbanização, de industrialização e de actividades ligadas ao lazer.

Evidentemente que esta definição de litoral pouco tem a ver com a dinâmica ligada directa ou indirectamente ao mar, é uma definição puramente artificial.

condicionado pelas opções de ordenamento dos espaços continentais, que muitas vezes esquecem essa realidade, mas que, podendo estar muito distanciados do litoral, o influenciam decisivamente.

3.2. As formas litorais

Estas formas, de dimensão variada, métrica a quilométrica (excluem-se aqui as microformas que as formas maiores podem apresentar), são, como se deduz do anteriormente exposto aquelas que dependem hoje da acção directa ou indirecta do mar.

Na figura 15 as formas litorais estão organizadas, de acordo com a sua ordem de grandeza e antiguidade e pela sua natureza, de erosão

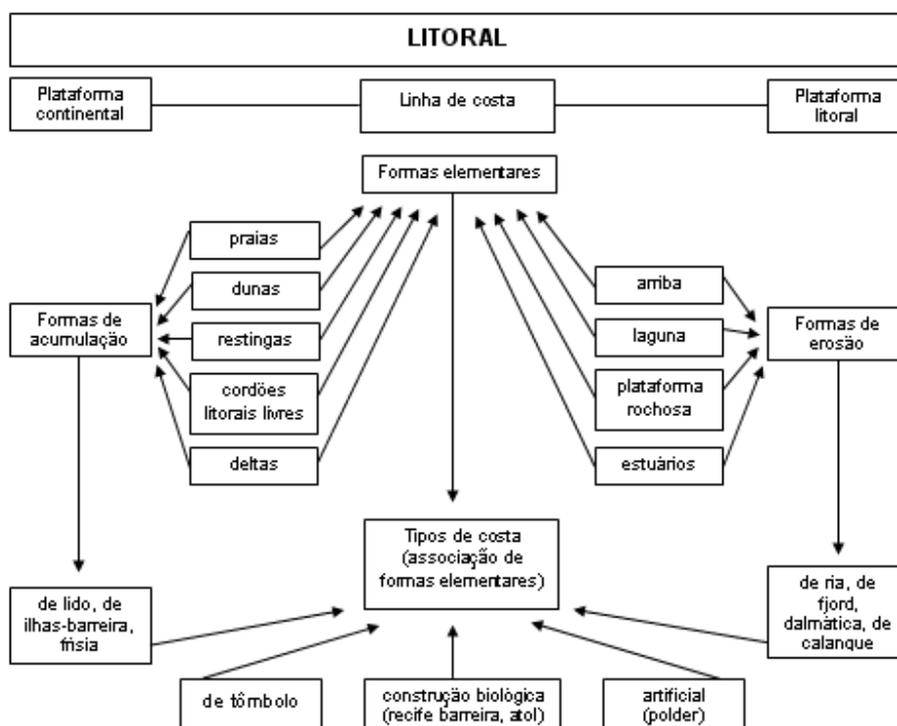


Fig. 15 – As formas litorais.

ou de acumulação, marinha ou fluvio-marinha e, ainda se se tratam de formas elementares ou compostas de várias formas elementares. De um e outro lado da linha de costa, situam-se duas grandes formas, a plataforma continental, submersa, e a plataforma litoral (fotos 3 e 4), emersa. Ambas já estiveram parcial ou totalmente submersas ou total ou parcialmente emersas. Têm tido uma evolução longa comandada pelas flutuações do nível do mar. São formas herdadas. Entre elas, junto à linha de costa, existem um conjunto de formas elementares.

De entre as formas elementares, as praias e as dunas constituem as de hierarquia inferior e são ambas formas de acumulação de sedimentos (em geral, areais e conchas, embora possam existir praias de calhaus). As restingas e os cordões litorais livres, que originam ilhas arenosas, são também formas de acumulação, ainda elementares, mas de hierarquia superior, pois podem já possuir praias e ser modeladas em duna. Os deltas constituem igualmente uma forma elementar de acumulação, mas têm uma origem fluvio-marinha. Correspondem à desembocadura de um curso de água, com carga sólida abundante, que vai sendo depositada na sua foz, fazendo migrar a linha de costa para o largo.

Se a abundância de sedimentos é importante, podem gerar-se tipos de costa caracterizadas por restingas e ilhas arenosas (costa frísia, lido ou de ilha-barreira), que chegam a isolar uma laguna, de dimensões variáveis, que comunica com o mar por uma ou mais aberturas entre a barreira arenosa, a denominada barra. Porém, nem todas as lagunas litorais têm esta origem. Podem ocorrer quando exista uma reentrância da linha de costa, uma baía, e, no caso de haver sedimentos disponíveis, pode formar-se uma barreira arenosa que regulariza a costa e deixa no seu interior uma laguna (foto 5). Neste caso, a laguna resultou da prévia erosão que originou a reentrância e da posterior acumulação de areia.

As arribas, degrau litoral rochoso, têm muitas vezes no seu sopé uma plataforma rochosa, a plataforma de abrasão, que testemunha o recuo da arriba, e constituem ambas formas elementares de erosão. Os estuários correspondem a formas fluvio-marinhas de erosão.

As desembocaduras erosivas dos cursos de água podem revestir-se de aspectos particulares que são uma consequência da sua génese,



Foto 5 – Laguna litoral isolada por uma barreira arenosa, na costa galega.

como sejam as rias e os *fjords*. As primeiras correspondem a antigos vales fluviais inundados pelo mar¹⁴ e os segundos a antigos vales glaciários invadidos pelo mar após a deglaciação. Ambos definem tipos de costa alta e recortada, por vezes com praias e dunas junto à sua foz.

A costa de tómbolo é diferente de todas as anteriores por ocorrer quando existe um ilhéu rochoso próximo da linha de costa e há sedimentos disponíveis para, ao acumularem-se, criarem uma ligação arenosa entre a terra emersa e a ilha. Tal sucede porque as ondas ao deixarem de se propagar livremente, porque a altura da coluna de água não o permite (ver ponto 2), perdem capacidade de transporte e depositam a areia. Retoma-se este assunto adiante, a propósito das correntes litorais.

As costas de construção biológica são, em geral, formadas por edifícios coralígenos. Para isso, necessitam de águas límpidas e com elevada temperatura. Por esse motivo, existem nas águas tropicais

¹⁴ Não confundir rias com as formas litorais que se encontram em Aveiro ou no Algarve. A primeira é uma laguna litoral parcialmente fechada por duas restingas e no Algarve o que existe é um sistema de ilhas-barreira. Ambas se podem considerar genericamente como sistemas de barreira, materializada por acumulações arenosas que protegem uma laguna interior, em comunicação com o mar por uma ou mais barras.

ou em volta de aparelhos vulcânicos ou hidrotermais que promovem o aquecimento da água.

Salvo estas últimas, de construção biológica, os litorais, quando não artificializados, caracterizam-se pela ausência ou presença de sedimentos e, assim, serão rochosos ou arenosos. A presença de sedimentos litorais é determinante para os caracterizar. Mas de onde provêm esses sedimentos?

As fontes dos sedimentos litorais podem ser de vários tipos, como ilustra a figura 16. Podem ter uma proveniência continental ou marinha. Dos continentais, destacam-se claramente os sedimentos fluviais. As designadas aluviões.

Com efeito, estima-se que o essencial dos sedimentos depositados ou em trânsito no litoral (ver ponto seguinte) provenham essencialmente dos sedimentos erodidos nas terras emersas e que os rios transportam até à sua foz. Nas regiões glaciadas, os sedimentos transportados até ao litoral pelas línguas glaciárias, denominados *till*, constituem também um contributo importante. Contudo, este só tem significado nos litorais a elevadas latitudes.

Os sedimentos marinhos constituem uma outra fonte. Podem provir da erosão dos litorais, rochosos ou arenosos, ou já existirem na plataforma continental (antigas praias hoje submersas e aluviões

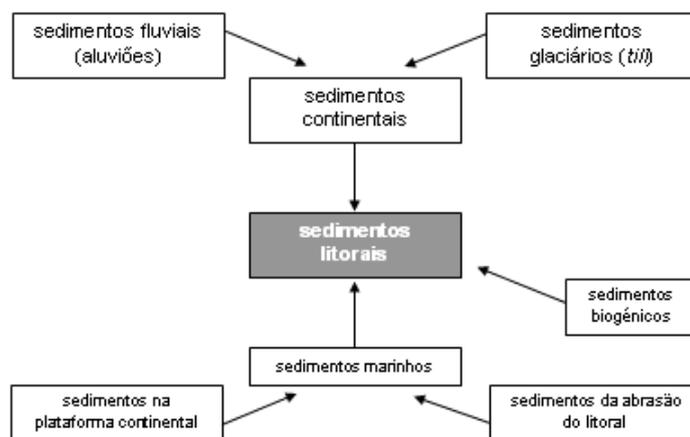


Fig. 16 – Fonte dos sedimentos litorais.

correlativas de foz de rio mais para o largo do que as actuais), sendo, por isso, uma herança de episódios do nível do mar mais baixo do que o actual.

A estes devem ainda juntar-se os sedimentos biogénicos, constituídos por restos de esqueletos animais.

De todos estes, são, sem dúvida, as aluviões a principal fonte dos sedimentos litorais, embora, conforme os litorais, a percentagem de contribuição seja variável. Por essa razão se afirmou, lá atrás, que as opções de ordenamento de locais distantes do litoral podem influenciá-lo.

Tomemos como exemplo as bacias hidrográficas. Hoje, elas estão profundamente artificializadas, salientando-se para o caso em análise a construção de barragens, que retém a montante as aluviões, não as deixando chegar ao litoral. A título de exemplo, refira-se que o Rio Douro, em regime natural transportaria cerca de 1 800 000 m³/ano de carga sólida e que, após a construção das barragens, este valor foi reduzido para 250 000 m³/ano. Não se pode, no entanto, inferir que toda a diferença entre estes dois valores fica retida nas barragens. Parte dela vai-se depositando ao longo do trajecto até à foz, porque a capacidade de transporte dos cursos de água diminuiu, uma vez que as barragens, ao regularizar o caudal, fazem diminuir a magnitude e frequência das cheias, que eram as principais responsáveis pelo grande afluxo de sedimentos à foz.

Por conseguinte, o ordenamento de uma bacia hidrográfica deve ter em atenção esta relação estreita que existe entre os rios e a sua carga e a presença de sedimentos no litoral (foto 6).

Todos os tipos de costa referidos são naturais. Mas os litorais estão cada vez mais artificializados. Os *polders* são disso um dos melhores exemplos.

Aliás, podem mesmo classificar-se os litorais, ou melhor, os sistemas litorais, consoante o grau de intervenção a que têm vindo a ser sujeitos pelo homem. A figura 17 esquematiza essa classificação, tendo em atenção se o balanço entre a acumulação e a erosão é positivo, ou seja, se existe efectivamente acumulação de sedimentos ou se pelo contrário uma forma ou um sistema litoral, embora geneticamente de acumulação, por exemplo, uma praia, tem esse balanço negativo, isto é, está a ser erodida pelo mar.



Foto 6 – A abundância de sedimentos na foz dos cursos de água conduz, por vezes, à formação de ilhéus arenosos, como sucede com o do Bugio, na foz do Rio Tejo. Estes ilhéus são móveis, migrando para o interior do rio quando domina a dinâmica marinha ou para o largo quando domina a fluvial. Actualmente, com a diminuição da frequência e magnitude das cheias, este ilhéu tem migrado para o interior, situando-se já junto aos silos da EPAC.

Nos sistemas em erosão e porque as actividades económicas assim o exigem, procede-se muitas vezes à sua artificialização. Esta pode ser ligeira, como por exemplo a alimentação artificial da praia ou, pelo contrário, pesada, com construção de diques (longitudinais) e esporões (obliquos ou transversais à linha de costa).

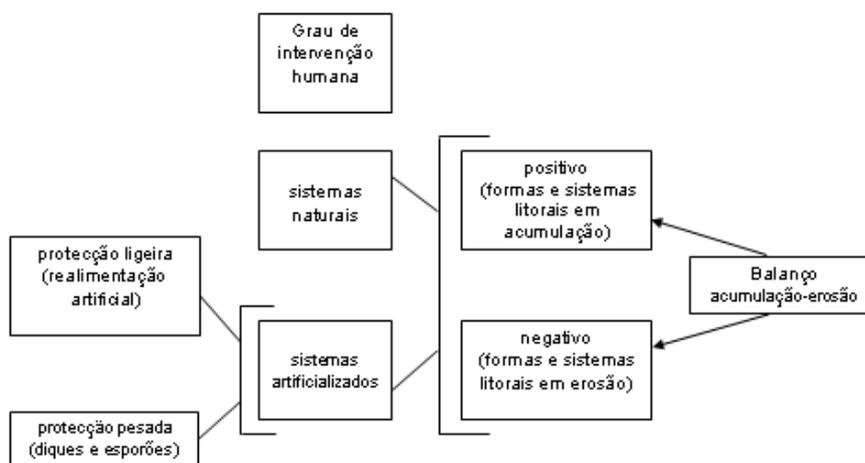


Fig. 17 – Sistemas litorais naturais e artificializados.

3.3. O papel do oceano

Foram referidas até aqui as formas litorais. Vejamos agora o papel do oceano.

Como se referiu no ponto 2, o oceano está animado de um conjunto de movimentos. Privilegiar-se-á agora, no litoral, a ondulação, as correntes litorais e as marés.

A ondulação, gerada no varrido, modifica-se, como se disse, com a aproximação à costa. A diminuição progressiva da altura da coluna de água impõe constrangimentos à propagação das ondas. Esses constrangimentos começam a ocorrer quando a altura da coluna de água é inferior a metade do comprimento de onda (fig. 18). A diminuição da altura da coluna de água ou, por outras palavras, a diminuição da profundidade faz-se paralelamente à linha de costa.

Mas se a ondulação incidir obliquamente, uma mesma onda não encontra em toda a sua extensão a mesma profundidade. Nos locais mais profundos, ela progride sem constrangimentos, noutros, menos profundos, a progressão faz-se com dificuldade, a onda diminui o seu comprimento de onda e muda de direcção, de forma a adaptar-se à variação da profundidade, ou seja, até ficar paralela à variação da batimetria¹⁵ e da linha de costa. É essa deflexão da onda oblíqua,

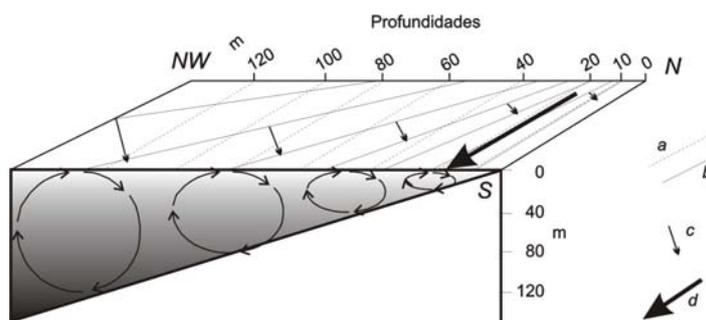


Fig. 18 – A refração da ondulação oblíqua à linha de costa. a - linhas batimétricas ou de profundidade; b - cristas ou cavas das ondas. Notar a modificação das ortogonais das ondas e a corrente de deriva litoral; c – ortogonal da onda; d – corrente de deriva litoral.

¹⁵ As linhas que unem pontos com igual profundidade designam-se por curvas batimétricas ou simplesmente batimétricas.

com a aproximação à linha de costa, que se designa por refração e que se pretendeu ilustrar na figura 18 (caixa 15).

A situação ao largo de Portugal ilustra bem as modificações da onda. Em Portugal como se disse, a ondulação dominante é oblíqua à costa ocidental. Provém predominantemente de noroeste, enquanto a linha de costa tem um traçado aproximado N-S. Ocorre, portanto, uma situação semelhante à ilustrada na figura 18. A refração da onda origina ao longo da linha de costa uma corrente, designada de corrente de deriva litoral (fig. 18).

Esta corrente é de extrema importância, porque é ela que assegura o essencial do transporte de sedimentos ao longo do litoral (o transporte longilitoral). No caso português, no litoral ocidental, esta corrente tem um sentido N-S. A sua presença pode ser constatada junto a qualquer esporão de defesa costeira, na costa ocidental. Do lado norte do esporão, ou a barlar, há acumulação de sedimentos (trazidos na corrente de deriva litoral) e a sul deles, a sotamar, os sedimentos escasseiam (foto 7). Estima-se que o volume de sedimentos em trânsito na deriva litoral esteja compreendido entre 1 milhão e 2 milhões de metros cúbicos por ano. Esse valor não é constante, dependendo de vários factores, nomeadamente do afluxo

Caixa 15

A ondulação ao aproximar-se da linha de costa sofre diversos tipos de deflecção, ou seja, diversas mudanças de direcção de propagação. Como qualquer movimento ondulatório, para além da refração, é sujeita a reflexão e a difracção.

A reflexão ocorre sempre que a ondulação encontra um obstáculo, a própria linha de costa, um ilhéu ou um escolho rochoso. Quando tal acontece a onda é reenviada para o largo.

A difracção ocorre com a aproximação de um obstáculo isolado, uma ilha por exemplo, e traduz-se na deformação da ondulação, que contorna o obstáculo, perdendo, por isso, a sua direcção de propagação original.

Importa salientar que as deflecções da ondulação implicam sempre uma perda de energia da ondulação, que assim, com menor capacidade de transporte, deposita parte dos sedimentos em trânsito. Por esta razão, desde que existam sedimentos disponíveis, há acumulação junto à linha de costa, junto aos ilhéus e ilhas, como por exemplo no caso dos tómbolos (de que o Baleal constitui um dos bonitos exemplos em Portugal).

de aluviões que chegam ao litoral. Este afluxo é muito variável de ano para ano, função das condições hidrológicas continentais, estas por sua vez fortemente condicionadas pelo regime irregular da precipitação e pela regularização das bacias hidrográficas.

O oceano assegura, portanto, o transporte longilitoral, bem como a sua deposição nos locais onde a ondulação perde energia (por deflecção).

Numa escala de análise mais pormenorizada, pode afirmar-se que o oceano assegura a erosão, o transporte e a acumulação de sedimentos. Por exemplo, numa praia, na área da rebentação, o oceano promove sobretudo erosão, mobilizando os sedimentos que aí encontra. Esses são depois transportadas em suspensão, por rolamento ou por arrastamento, consoante o seu calibre, e depositados na praia emersa ou na submersa, dependendo do ciclo estacional.

Utilizemos agora o exemplo de uma costa de erosão, com arriba directamente actuada pelo oceano. Este actua de diversas maneiras no sopé da arriba.

Exerce uma acção de pressão, que pode ser mais ou menos violenta, dependendo das características da onda. Estima-se que uma onda com 3m de altura e 30m de comprimento de onda exerça sobre a superfície exposta da arriba uma pressão de oito toneladas por metro quadrado. Exerce também uma acção de metralhagem,



Foto 7 – Consequência da interposição de um esporão ao livre trânsito de sedimentos, na costa ocidental portuguesa.

uma vez que a onda, ao rebentar, mobiliza areias e calhaus (de dimensões variáveis) que são atirados contra a arriba, onde exercem um efeito abrasivo, que se faz sentir também na plataforma rochosa no sopé (a plataforma de abrasão).

A chegada das águas de encontro à parede rochosa e o subsequente refluxo têm ainda uma outra acção. As rochas raramente são completamente compactas. Possuem fissuras, poros, pequenas cavidades, normalmente preenchidas por ar. Com o afluxo da água, o ar é comprimido e com o refluxo dá-se uma descompressão. Ciclos sucessivos de compressão-descompressão do ar no seio das rochas, promove a sua fragilização, facilitando a fragmentação da rocha e as restantes acções anteriormente referidas.

Os vários sistemas costeiros referidos mais atrás que se traduzem visualmente em formas litorais dependem ainda das marés (caixa 11). A amplitude e o período de maré comandam a presença de vários sistemas costeiros. Este último determina a intensidade da corrente de maré, de tal maneira que a velocidade dessa corrente será maior nas marés semi-diurnas do que nas diurnas, porque o intervalo de tempo entre a maré cheia e a maré vazia é menor. A amplitude condiciona o espaço de tempo durante o qual a faixa entre marés se mantém seca depois da maré cheia e também a largura da área na qual se faz sentir o efeito das correntes e das ondas.

Tomemos como exemplo algumas formas litorais (fig.19).

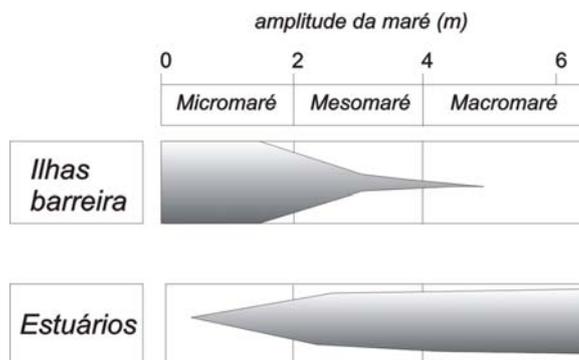


Fig. 19 - A importância da amplitude da maré na ocorrência das formas litorais: dois exemplos.

As ilhas barreira ocorrem preferencialmente em litorais de micromaré e, mais raramente, em domínio de mesomaré, porque são geralmente acumulações de areias pouco altas e, se a amplitude da maré ultrapassar 4m, estas ilhas arenosas facilmente são galgadas pelo mar e a areias total ou parcialmente removida, conduzindo à sua destruição.

Os estuários, ao invés, dominam nos litorais de macro e mesomaré. Nestes, as correntes de maré associadas à sua elevada amplitude, permitem a manutenção desta forma de erosão, que em domínio de micro maré tem tendência a assorear, conduzindo à formação de um estuário total ou parcialmente fechado (foto 8).

3.4. O sistema litoral e os seus componentes

O espaço litoral é, como se pretendeu demonstrar, uma área onde se entrecruzam influências diversas, que se podem agrupar em continentais e marinhas. Em ambas se incluem as acções humanas, que actuam quer nas áreas emersas quer nas submersas.

Pode afirmar-se, por isso, que o litoral está no cruzamento do sistema continental e do sistema marinho, cada um deles com um conjunto hierarquizado de componentes (fig.20).

A palavra sistema tem vindo a ser utilizada por diversas vezes, mas nunca de forma indistinta. Com efeito, um sistema pode definir-se como um conjunto de objectos ou de características



Foto 8 – Um estuário parcialmente fechado por uma praia e um campo dunar, no litoral ocidental algarvio.

Ana Ramos Pereira (2001) – O(s) Oceano(s) e as suas Margens. Cadernos de Educação Ambiental 5, Edição do Instituto de Inovação Educacional, Lisboa, 123p.

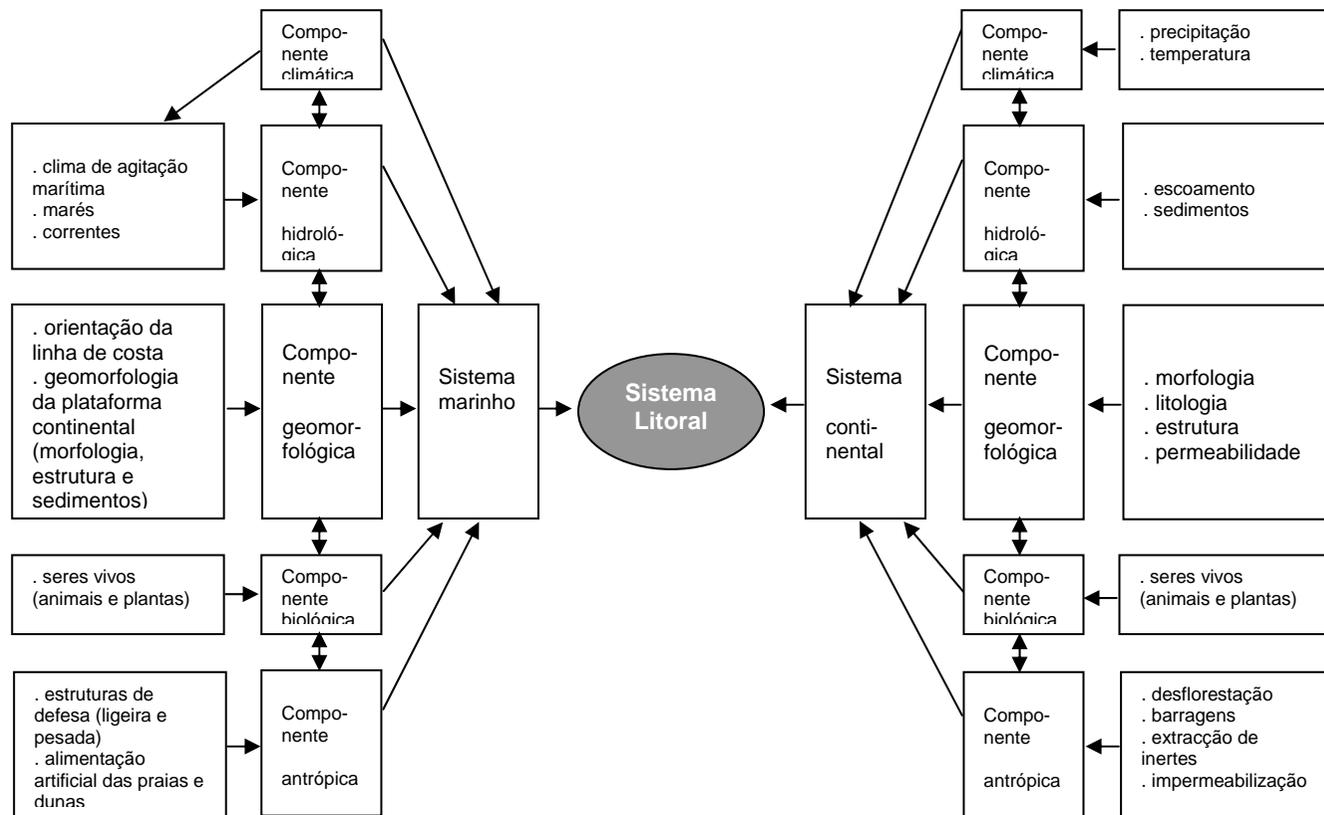


Fig. 20 – O sistema litoral no cruzamento do sistema marinho e do sistema continental (A. Ramos Pereira, 1993, inédito).

interrelacionados e interactivos, constituindo uma entidade complexa, isto é, uma modificação num dos objectos ou numa das características induz mudanças no sistema.

Tomemos como exemplo uma praia. Esta só existe se houver sedimentos disponíveis, que, como se referiu, dependem, por seu turno, de um conjunto de características das bacias-vertente, do trânsito de sedimentos, este dependente das características do clima de agitação marítima (que depende da circulação oceânica), das características da plataforma continental interna e do ângulo de incidência da ondulação e, ainda, das obras humanas (estruturas de defesa) que podem ou não permitir o livre trânsito de sedimentos.

É esta interdependência das características de uma determinada forma litoral ou do litoral em geral que se pretende evidenciar quando se fala em sistema. A esta interdependência associa-se a interactividade, o que implica que a mudança de uma característica pode modificar o próprio sistema. Como se referiu atrás, o clima de agitação marítima é diferente no Inverno, este provoca uma modificação na praia. Mas como também se referiu, essa mudança é transitória, o que significa que o sistema tem capacidade de se auto-regular. Porém, nem sempre tal sucede. Uma mudança no afluxo de sedimentos, por exemplo pela construção de um esporão, promove a sotamar erosão, a praia não se auto-regenera.

Existem, portanto, mudanças que os sistemas têm capacidade de ultrapassar (auto-regenerar-se) e outras em que tal não acontece e geram-se impactes negativos.

Pretende-se com o exposto evidenciar não só a complexidade do litoral, mas sobretudo que este se encontra no cruzamento de dois outros grandes sistemas (o continental e o marinho). Para além disso, deve ser considerado como um *continuum*, dado que qualquer intervenção pontual tem repercussões quer a sotamar quer a barlamar.

4. RECURSOS E RISCOS OCEÂNICOS

A enorme vastidão do oceano reveste-se de uma importância primordial pelos recursos que encerra, piscatórios, energéticos, minerais que contem no seu sub-solo, como via de transporte e, mais recentemente, como sede de diversos derrames e reservatório de resíduos.

Por outro lado, o contacto destes vastos espaços marinhos com as terras emersas proporciona uma linha de costa que se estima em aproximadamente 600 000km e uma faixa na estreita dependência do oceano, o litoral, espaço primordial, quer no quadro das actividades económicas, portuárias, industriais e piscatórias, sem esquecer as actividades ligadas ao lazer, quer pela ambiência peculiar que revelam, caracterizada especialmente pela amenidade térmica e pelas brisas e também pelos problemas de erosão crescente que esta área densamente povoada tem vindo a sofrer e que, mais do que devido à subida do nível do mar, é uma consequência da má gestão e ordenamento do espaço litoral, concebido como estático, quando é, na realidade, profundamente mutável.

O litoral, espaço por definição associado à presença do oceano, é, por excelência, uma área residencial e de recreação e lazer, em geral densamente ocupada, onde se situam as principais indústrias, mas pode também ser um espaço com usos predominantemente agrícolas ou na dependência do oceano (actividades de aquacultura e pesca). Para além do papel militar e estratégico de que se reveste, o litoral é, em todo o mundo (Portugal não constitui excepção), o espaço privilegiado de reservas naturais. Mas é também o local onde afluem as águas continentais, por vezes fortemente poluídas, onde se acumulam volumes consideráveis de resíduos sólidos.

É para o oceano que os emissários submarinos conduzem as águas residuais, mas é também dele que provêm algumas catástrofes ecológicas, decorrentes de acidentes com derrames de petróleo, e os temporais e maremotos, em parte responsáveis pela erosão costeira e as inundações ribeirinhas.

Estima-se mesmo que, a manterem-se as tendências actuais, em 2030, cerca de 95% da população mundial viva em espaços litorais. A manter-se também a tendência de subida do nível do mar (1,5-

2mm por ano, em média), os litorais baixos vão ser invadidos (fig.14), implicando obras dispendiosas de defesa costeira, as águas salinas vão contaminar os aquíferos costeiros, com consequência directa na água que assim se converte em salobra, e indirecta na contaminação do solo agrícola, muitas vezes regado com essa água e, certamente, modificações no uso do solo. Nestas condições, são previsíveis migrações das populações para áreas menos degradadas do ponto de vista ambiental, se quiserem manter a sua qualidade de vida.

À semelhança do que foi dito no início do livro, também aqui se fez uma selecção dos recursos do oceano e dos riscos que o seu uso não sustentável pode acarretar. O oceano constitui um meio de vida para muitos seres e, também por isso, é fundamental para a humanidade. Os recursos piscatórios ou de algas, para fins alimentares ou medicinais, são desde logo os mais óbvios, mas a sua manutenção depende da utilização sustentável, ou se quisermos renovável, desses recursos, mas também da poluição no oceano, quer ao largo quer junto ao litoral e, ainda de opções de ordenamento das terras emersas. Como contraponto à sobre-utilização daqueles recursos, surge o desenvolvimento do aquacultura, com a produção de novos recursos, mas também de alguns riscos.

A já referida poluição no oceano é de diversos tipos e proveniências e tem consequências diferentes nos recursos, como adiante se verá. Para além destes, o oceano pode ainda constituir risco, em situações particulares, nos domínios litorais, hoje dos mais densamente povoados, como sejam os temporais ou ainda o risco de maremotos. Mas o oceano e os seus movimentos podem também ser encarados do ponto de vista dos recursos. A dessalinização da água pode resolver o problema de difícil acesso ao recurso básico que é a água, sobretudo para as populações insulares. A energia das marés tem já vindo a ser utilizada com sucesso, embora careça ainda do essencial investimento científico que permita baixar os custos deste tipo de produção energética.

Apresenta-se de seguida e de forma sumária os recursos piscatórios e a aquacultura, bem como os riscos associados, os recursos energéticos, exemplos de poluições a que o oceano está sujeito e de riscos oceânicos no litoral.

4.1. Recursos piscatórios e aquacultura

Foi referido no ponto 2 que as faixas de contacto de massas de água de características distintas, nomeadamente de temperatura e salinidade, são as áreas mais ricas em recursos. Ocorrem, por conseguinte, no contacto entre massas de água (caixa 6, fig.6.1) e, evidentemente, nas áreas das margens oceânicas, nas denominadas “águas litorais”, onde aquelas entram em contacto com as águas doces, normalmente ricas em sais minerais e outros nutrientes, provenientes da erosão das terras emersas.

Segundo uma estimativa realizada por Costanza (1997), os domínios litorais representam 38% do valor de todos os serviços prestados por todos os sistemas da biosfera (12 600 milhões de USdol/ano para um valor total de 33 300 milhões USdol/ano¹⁶.

Embora o domínio litoral cubra apenas cerca de 6% da superfície do globo, produz 26% dos recursos alimentares totais da biosfera, cerca de 366 milhões de USdol/ano (fig.21; caixa 16).

Desses recursos salienta-se a pesca. Sem atender à capacidade de regeneração natural das comunidades de peixes, a sua captura foi aumentando, acompanhando o desenvolvimento tecnológico da frota pesqueira (fig.22).

Nos anos 50 e 60, apareceram novas técnicas de pesca: a utilização de radares que permitem a navegabilidade mesmo em condições de fraca ou nula visibilidade, os sonares que permitem detectar bancos de peixes e seguir o seu movimento com um elevado grau de rigor

¹⁶ Um conjunto de ecologistas, economistas e geógrafos apresentou uma estimativa do valor dos serviços dos ecossistemas e dos *stocks* de capital natural (Costanza *et al*, 1977). Apesar de muitos dos serviços terem valor incalculável, até porque sem eles não podemos viver, os valores apresentados revelam grande interesse, nomeadamente porque do valor total estimado, 63% corresponde ao valor dos serviços fornecidos pelos oceanos e ambientes litorais, ou seja um total de 21 biliões de dólares americanos por ano.

Estas estimativas do valor dos sistemas físicos e biofísicos são avaliações de cálculo difícil e que os mais naturalistas põem em causa. Porém, numa sociedade como a nossa, fortemente economicista, sobretudo ao nível dos decisores e gestores do ordenamento territorial, estes valores têm o seu lugar e suscitam a reflexão sobre o que queremos fazer do nosso planeta: se mantê-lo ou destruir a nossa base de subsistência.

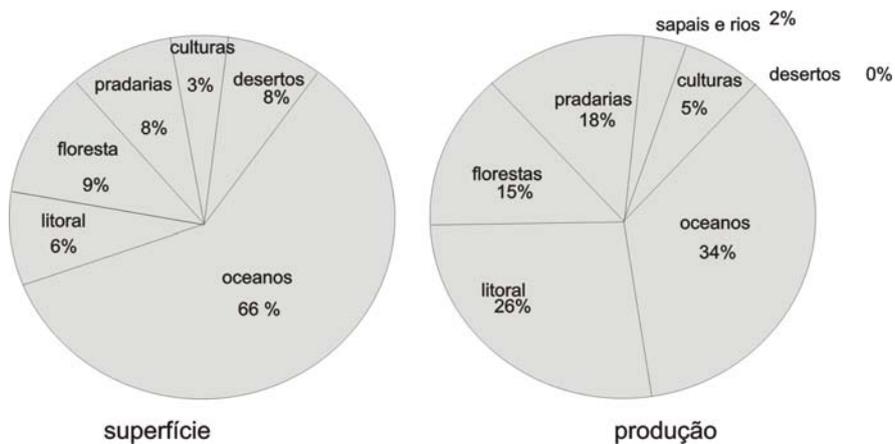


Fig. 21 – Superfície ocupada e produção dos sistemas vivos. Adaptado de Guelorget et al (1998).

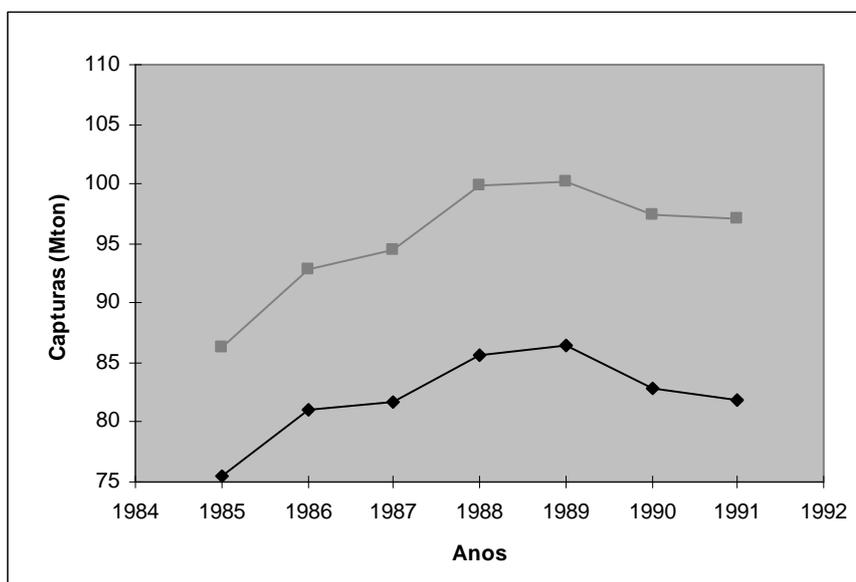


Fig. 22 – Evolução das capturas de pescado totais (a) e oceânicas (b,) entre 1985 e 1991 (excluem as efectuadas em águas continentais).
Fonte: FAO (1993)

Caixa 16

Costanza et al (1997) efectuou estimativas do valor dos serviços prestados à humanidade pelos sistemas da biosfera. Essas estimativas resultaram do somatório de diversas estimativas individuais dos valores de 17 categorias de serviços, depois agrupados em 6 categorias principais. Para cada uma delas é apresentado o valor estimado e são assinalados os principais impactes ambientais (Quadro 16.1).

Quadro 16.1

		Impactes Ambientais				
Serviços dos sistemas vivos marinhos e litorais	Valor estimado do serviço ⁽¹⁾	da sobrepesca	da contaminação terrígena	do despejo de resíduos e derrames no oceano	da destruição dos sistemas vivos litorais	da alteração climática
Regulação do clima e da atmosfera	1 272		afluxos de nutrientes a-fectam consumo de C	afecta produtividade e captação de C		afecta o conteúdo calórico e os padrões de circulação
Regulação de perturbações/controlo da erosão	575		perda de recifes de coral		modificações: nos recifes de coral, nos litorais e na linha de costa	perdas de recifes de coral
Reciclagem de nutrientes/tratamento de resíduos	16 432	no controlo vertical da reciclagem de nutrientes	sobrecarga da capacidade assimilativa		perda de áreas litorais; afecta a reciclagem de nutrientes e o tratamento de resíduos	alterações na escor-rência e transporte de nutrientes e resíduos
Controlo biológico/habitats/ recursos genéticos	335	nas cadeias tróficas e a sua estrutura, na diversidade e resiliência (regeneração)	degradação de habitats; redução de diversidade	mortalidades; alteração de habitats	redução dos habitats; na capacidade de suporte; na biodiversidade	altera a temperatura, nível do mar, correntes, tempestades e escor-rência
Produção de alimento/ matérias primas	902	na redução dos stocks	redução das pescas; problemas sanitários		perda de habitat crítico; al-teração de cadeias tróficas	afecta a produtividade
Recreio/ cultura	3 077	na perda de recursos recreativos, culturais, artesanais	impõe riscos à saúde pública	poluição das praias, redução de valores estéticos	diminuição dos recursos, do valor recreativo	deslocação das popu-lações litorais

(1) em milhares de milhões de US dol. Adaptado de Costanza et al, 1997.

pois são acompanhados por GPS (posicionamento por satélite), os barcos dispõem de imagens de satélite que lhes dão a posição e deslocação das frentes térmicas (ou por outras palavras, do contacto de massas de água com características térmicas distintas), que os cardumes de peixes vão acompanhando, para já não falar do desenvolvimento da rede de frio. A esta evolução tecnológica associou-se o aumento crescente da procura por parte de uma população cada dia mais numerosa.

Na década passada, a FAO incentivava a pesca industrial e a captura de peixe atingiu o seu valor máximo em 1989, com cerca de 82 milhões de toneladas. De entre os *stocks* das 200 principais espécies que são responsáveis por 77% dos desembarques mundiais de pescado, 35% são actualmente considerados como sobre-explorados (FAO, 1997). Na presente década, a pesca e a captura de peixe têm vindo a diminuir lentamente, em todos os oceanos, à excepção do Índico. Esta nova tendência é o resultado de uma tomada de consciência da diminuição drástica de alguns *stocks* de peixes, que, pelo pequeno número de efectivos que restaram, já não se apresentam como recurso rentável para a captura industrial.

A consciencialização dos problemas criados pela humanidade ao oceano, especialmente a sobre-exploração do pescado, levaram a Convenção da ONU, em 1994, sobre o Direito do Mar, a mudar o estatuto jurídico internacional dos oceanos, repondo o problema da exploração dos seus recursos.

Com efeito, nos últimos séculos, o oceano manteve-se como um espaço livre de jurisdições, salvo no que respeita a uma estreita faixa anexa à linha de costa, os designados mares territoriais ou águas territoriais.

A partir de meados deste século, a apropriação de águas extra-territoriais, ricas em pescado, e a crescente tomada de consciência da ruptura de alguns *stocks* de pesca, fez iniciar uma discussão e reflexão sobre o oceano e os seus recursos.

A definição de águas territoriais, entre 3-12 milhas marítimas (correspondendo a 5 556m - 22 224m, respectivamente¹⁷) era

¹⁷ A milha marítima corresponde a 60ª parte de um grau equatorial, ou seja, a 1 852m.

incompatível com o desenvolvimento das técnicas e dos instrumentos científicos postos à disposição das frotas pesqueiras. Alguns países com poderosas frotas pesqueiras, como os Estados Unidos e alguns estados da América latina, pescavam muito para além destas áreas, o que conduziu a Convenção da ONU a promover um acordo, em 1958, estendendo aquela área até à profundidade de 200m, profundidade média limite da plataforma continental (caixa 17). Mas como se referiu a propósito da plataforma continental (ponto 1 e caixa 2), o declive das plataformas continentais pode ser muito diverso e assim, uma plataforma com um declive fraco terá, até - 200m, uma extensão muito grande, enquanto uma plataforma muito inclinada rapidamente atinge essa profundidade. Basta ver o que se passa na plataforma continental portuguesa (caixa 13).

Os conflitos sobre os usos dos oceanos vão manter-se e começam mesmo a avolumar-se. A 3ª Conferência das Nações Unidas sobre a Lei do Mar marca o sentimento da comunidade internacional de tentar resolver o problema, através do estabelecimento de um tratado sobre a Lei do Mar, visando estabelecer normas internacionais de conduta no que respeita ao uso sustentável dos oceanos e das áreas litorais. Trata-se de estabelecer a ordem legal sobre o oceano e proteger o ambiente marinho, promover a conservação dos recursos vivos, facilitar a comunicação internacional, promover a utilização então designada de sustentada e que hoje diríamos sustentável, protegendo os interesses da humanidade.

Em 1982, a Convenção das NU sobre a Lei do Mar culminou catorze anos de trabalho, envolvendo 150 países. A Zona Económica Exclusiva (ZEE; fig.23) fica então definida como a área com 200 milhas náuticas, contadas a partir da linha de costa, acabando definitivamente com os anteriores problemas da definição relacionada com o limite exterior da plataforma continental, sobre as quais os estados litorais respectivos têm o direito de soberania para usar e explorar, conservar e gerir os recursos vivos e não vivos. A Lei do Mar, então elaborada, entrou em vigor em 1994 e é internacionalmente reconhecida como o regime global de uso sustentável dos oceanos. Constituída por 320 artigos e nove anexos, esta lei visa regular as áreas oceânicas regionais, permitir o controlo ambiental, a investigação científica marinha, as actividades económicas e comerciais, as transferências de tecnologia e fornecer

Caixa 17

Alguns marcos na avaliação global das questões ambientais oceânicas:

Data	Convenções e Organizações
1958	Convenção de Geneve sobre a Lei do Mar (Plataforma Continental, Mar Alto, Pesca)
1973	3ª Conferência das Nações Unidas sobre a Lei do Mar
1982	Convenção das Nações Unidas sobre a Lei do Mar (UNCLOS)
1992	Convenção das Nações Unidas sobre o Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), Convenção sobre a Diversidade Biológica
1992	Convenção das Nações Unidas sobre o Ambiente e Desenvolvimento (UNCED) Agenda 21
1994	Entrada em vigor da Convenção de Montego Bay
1995	Programa Global de Acção sobre a Protecção do Ambiente Marinho das Actividades terrestres (GPA);
1995	Mandato de Jacarta sobre a Biodiversidade Marinha e Litoral (estabelecimento de Áreas Marinhas Protegidas)
1995	Código de Conduta das Actividades pesqueiras
1995	Comissão Mundial Independente para os Oceanos (CMIO), sob a égide nas Nações Unidas *
1998	Implementação de MARPOL – Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios

* A CMIO, presidida por Mário Soares, tem os seguintes objectivos:

- chamar a atenção para os principais desafios decorrentes do desenvolvimento de actividades ligadas aos oceanos e o impacte directo e indirecto das actividades humanas nos recursos marinhos;
- encorajar o aprofundamento do regime de governação do Oceano;
- estudar as formas de promover a implementação da Lei do Mar e de outros instrumentos e programas legais;
- examinar o potencial económico presente e futuro dos oceanos;
- promover a inclusão da componente marinha nos planos nacionais de desenvolvimento;
- analisar os requisitos para a gestão integrada do litoral;
- explorar formas de cooperação no desenvolvimento tecnológico;
- estudar as ameaças sobre mares e oceanos e a sustentabilidade dos seus usos e recursos;
- procurar definir maneiras de fortalecer o quadro institucional para a governação dos oceanos a vários níveis;
- contribuir para o desenvolvimento da utilização pacífica do Oceano.

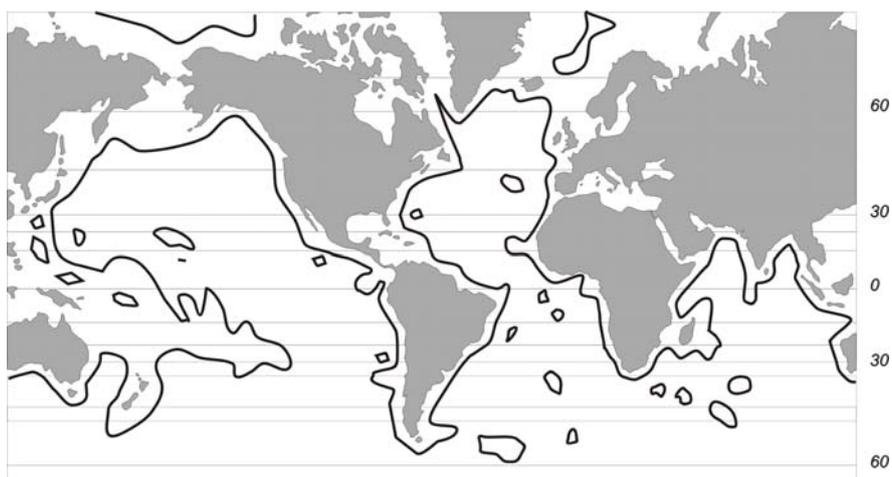


Fig. 23 – A extensão da ZEE mundial.

um quadro legal para a resolução das contendas internacionais relativas aos oceanos.

Entre a convenção de 1982 e a actualidade, foram tomadas diversas medidas, no sentido de racionalizar as capturas. A tentativa de regulação das pescas tem passado: pelo estabelecimento de cotas de pesca; pela concessão de licenças para um estado poder pescar dentro da área jurisdicional de outro estado; através da interdição de diversas áreas (caixa 18) e não autorizando a pesca de algumas espécies em períodos de reprodução (estação de defeso); através de restrições ao equipamento utilizado, nomeadamente o tamanho das redes de pesca (as redes de malha fina capturam os juvenis).

O alcance destas medidas pode ser enorme, sobretudo para países cuja economia é baseada, em maior ou menor escala, nestes recursos.

Face à situação entretanto criada, a aquacultura pareceu, desde os anos setenta, ser uma alternativa à pesca e ao esgotamento de *stocks*. A aquacultura, praticada há vários séculos nos litorais asiáticos, compreende um conjunto de actividades humanas tendentes à criação de animais, sejam eles peixes, moluscos ou crustáceos e de vegetais aquáticos (caixa 19).

Caixa 18

Existem hoje cerca de 8 000 áreas legalmente protegidas que cobrem 750 milhões de hectares, ou seja 1,5% da superfície terrestre ou cerca de 5,1% dos territórios dos Estados (Global Biodiversity Strategy, 1992, em Boersma e Parrish, 1998). Dessas, as áreas marinhas protegidas (AMP) são muito recentes. Em 1970 eram 118, repartidas por 27 nações, em 1980 esse valor subiu para 228 e em 1995 para 1300 (correspondendo a menos de 1% das áreas marinhas).

As AMP são áreas da faixa entremarés e áreas permanentemente submersas, as respectivas águas, flora, fauna, carácter histórico ou cultural particular, que são protegidas por lei, de forma a manter as condições ambientais. A protecção pode ser total ou apenas restrições de uso. Os proponentes das AMP consideram-nas importantes para proteger a biodiversidade, providenciar refúgios para as espécies ameaçadas e por constituírem uma faixa tampão contra ameaças naturais ou humanas, constituindo ainda um campo laboratorial de pesquisa científica.

As razões para o estabelecimento de AMP variam entre científicas, económicas, culturais e éticas. A análise bibliográfica efectuada por Boersma e Parrish (1998) revelou as seguintes razões para o estabelecimento de AMP:

Razões	%
Protecção do Ambiente Marinho	93
Manutenção da biodiversidade	67
Promoção e controlo das actividades de turismo e lazer	67
Ordenamento das Pescas e Protecção	53

Mostrou também os seguintes valores atribuídos para o estabelecimento das AMP:

Valores	%
Económicos (desenvolvimento sustentável; turismo)	90
Ambiental (serviços; protecção litoral)	87
Investigação e educação (acompanhamento*; educação formal e não formal)	80
Ecológico (espécies raras ou importantes)	70
Sociais e políticos (manutenção da história e cultura)	40
Estéticos (manutenção da beleza natural e atractividade das paisagens)	33
Intrínseco (natural, valor que os humanos não têm o direito de destruir)	10

* "monitorização"

AMP podem ser de 3 milhas náuticas governadas por Estados ou Províncias; 12 milhas náuticas governadas pelos governos e designadas águas territoriais ou mares territoriais; 200 milhas náuticas, a ZEE, reguladas pelos Estados com litoral.

(cont.)

De acordo com a Lei do Mar, na ZEE, os Estados têm direito de soberania para usar e explorar, conservar e gerir os recursos vivos e não vivos.

Foram encontradas três formas de estabelecer APM: através da extensão às áreas submersas contíguas aos Parques Naturais (como sucede no Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina); através da lei das pescas que pode alargar-se e incluir a protecção do habitat; criando uma entidade específica que governe uma área específica (caso de Reserva Natural das Berlengas).

Kelleher et al (1995) reviu nas APM existentes se tinham sido avaliados os impactes decorrentes do seu estabelecimento, no sentido de verificar se tinham sido alcançados os objectivos que presidiram à sua criação. Os resultados não foram animadores: 71% não tinham sequer sido avaliadas. Das restantes 383, 31% tinha atingido os objectivos de ordenamento marinho que se tinham proposto; 40% só em parte os tinham atingido e finalmente 29% falharam.

Contudo diversos estudos parecem apontar no sentido de que nas AMP houve um aumento da dimensão e número de espécies já anteriormente pescadas, fenómeno que é particularmente notório nos primeiros anos subsequentes à criação das AMP.

Se a protecção destas áreas oceânicas é louvável, vários problemas se levantam. As áreas são, muitas vezes, demasiado pequenas, o oceano é um contínuo, as espécies migram e as fronteiras das áreas protegidas são por isso artificiais e do ponto de vista natural inexistentes, portanto não conseguem cumprir um dos objectivos para que foram estabelecidas, isto é, a bioprotecção. O mesmo sucede com a poluição. O acidente de Exxon Valdez, no Alasca, afectou linhas de costa a mais de 750km do local onde se deu o derramamento de petróleo (Royer et al, 1990).

Boersma e Parrish, 1998 concluem que, à escala local, as AMP só serão instrumentos efectivos de conservação em 3 casos:

- 1) se o desígnio da reserva estiver intimamente ligado à biologia das espécies constituintes e às características físicas do local enquadrante;
- 2) se os humanos conseguirem controlar a intensidade e propagação das ameaças mais relevantes;
- 3) se a escala da AMP excede a escala da ameaça.

Numa escala global, as AMP só poderão ser efectivas e cumprir os objectivos se forem representativas de todas as zonas biogeográficas. O quantitativo de área reservada necessária foi estimado em 20-30% (Schmidt, 1997) e para a protecção dos stocks de peixes estimou-se que a área reservada deveria estar compreendida entre 50-90% (Lauck et al, 1998) Tais valores são, no quadro actual da nossa civilização, absolutamente irrealizáveis a curto e médio prazo, salvo se o desenvolvimento do conhecimento científico e a evolução da sociedade permitirem uma tomada de consciência séria destes problemas.

A prática da aquacultura, incentivada por diversos estados e organizações internacionais, tem aumentado muito. Contudo, também ela comporta alguns riscos, que não devem ser esquecidos. O sucesso da aquacultura depende da sua adequação às condições naturais, o que implica uma avaliação prévia quer das espécies a criar, que devem estar bem adaptadas às condições naturais, avaliação dos custos de manutenção das explorações e seus impactes locais e regionais.

Incluem-se nestes o tratamento das águas residuais das explorações de aquacultura, que são muitas vezes conduzidas directamente para os campos anexos, promovendo a contaminação dos aquíferos e indirectamente dos solos.

A investigação científica de espécies resistentes a doenças bacterianas ou virais nas explorações, responsáveis pelo abaixamento da produção, deve também acompanhar o desenvolvimento desta actividade económica, permitindo-lhe uma maior expansão.

Outro conjunto de possíveis soluções para obviar ao esgotamento dos recursos vivos passa pela gestão integrada de bacias hidrográficas (poluições, afluxos de sedimentos)¹⁸; pela criação de áreas protegidas marinhas (caixa 18), que representam hoje menos de 1% do ambiente marinho e se estima que para serem eficazes deveriam abranger pelo menos 20% da área marinha; pelo estabelecimento de cauções de seguro ambiental.

Esta última medida advém da incerteza sobre os impactes ambientais de certas acções. A resposta dos recursos vivos às agressões ambientais pode ser imediata ou demorar vários anos, o que implica que a comunidade científica faça o acompanhamento das comunidades vivas, pois só aquela tem capacidade de avaliar se as variações no número de efectivos de uma comunidade marinha ou oceânica resultam de uma ameaça ambiental, poluição por exemplo, ou se se trata de um fenómeno natural, correspondente a ciclos de evolução natural das próprias comunidades.

¹⁸ Como se viu, o afluxo de sedimentos e de produtos poluentes provenientes das terras emersas são dos principais responsáveis pela perda de qualidade das águas oceânicas litorais e da sua produtividade biológica.

Caixa 19

A aquacultura, segundo o grau de intervenção técnica e as necessidades de energia, pode classificar-se em:

- **aquacultura extensiva**, que explora ao máximo os recursos naturais, sem modificação ou com modificação mínima das condições naturais, em águas costeiras pouco profundas, limitando-se a viveiros de indivíduos jovens apanhados manual ou mecanicamente, quando atingem a dimensão que lhes confere valor comercial;
- **aquacultura semi-intensiva**, em espaço confinado, em lagunas ou baías ou bacias de terra, difere da anterior porque inclui o fornecimento de alimento complementar (geralmente granulados e farinhas, minuciosamente doseados para evitar as carências vitamínicas e promover o crescimento óptimo, natural ou artificial, devido à densidade elevada de indivíduos adultos);
- **aquacultura intensiva**, que utiliza estruturas artificiais, tanques, o alimento é fornecido pelo criador a quem cabe também manter as melhores condições de vida aos indivíduos em viveiro (desde os juvenis ao estado adulto - peixes, crustáceos e moluscos, estes últimos apenas no estágio juvenil), nomeadamente a qualidade da água, através de sistemas de bombeamento, aquecimento e arejamento da água, o que implica um elevado gasto de energia.

Por exemplo, no Peru, os investigadores verificaram que há um ciclo de 200 anos de abundância e de depleção para a anchova. Este ciclo foi determinado desde 200 dC até este século, através da análise da quantidade de escamas depositadas nos diversos sedimentos do Pacífico (Saldanha, 1996). Mas há ciclos de meia dúzia de anos, dezenas e até centenas.

É necessário que a comunidade científica aposte naquela avaliação, pois só assim, conhecendo os ciclos para as diversas espécies, se poderá implementar o seguro ambiental. Este é constituído por um depósito de garantia para cobrir os piores custos esperados de uma ameaça ou actividade e que poderá ser reembolsado se os danos não ocorrerem.

4.2. Recursos energéticos

Em 1990, 77% da energia global consumida provinha dos combustíveis fósseis (carvão, petróleo, gás natural), 18% das energias ditas renováveis (energia hidroelétrica, energia solar, energia eólica, energia das marés e energia das ondas, energia geotérmica, energia da biomassa) e 5% da energia nuclear (Pickering e Owen, 1994).

De entre os primeiros, o petróleo tem a primazia.

Os petróleos são produtos naturais, constituídos por 50 a 80% de hidrocarbonetos e compostos com oxigénio, azoto e enxofre. Estes (e também o gás natural) é, em grande parte, extraído nas bacias oceânicas. O petróleo é hoje quase exclusivamente explorado nas plataformas continentais, mas já existem explorações no talude continental e nos planaltos marginais e prevê-se que brevemente, com o desenvolvimento da tecnologia, se multipliquem as explorações nessas áreas. Com efeito, 26% do total mundial é extraído na plataforma continental. A Europa extrai 45 e 50% das suas necessidades no Mar do Norte.

O primeiro poço de petróleo na plataforma continental foi construído ao largo da Califórnia, ainda no século passado, tendo começado a exploração em grande escala em 1947, no Golfo do México.

O oceano, pelos movimentos de que é animado, fornece dois tipos de energia renovável: a das ondas e a das marés, qualquer delas ainda insuficientemente explorada.

A produção de energia elétrica pelas ondas pode fazer-se em pequena escala, junto à linha de costa, ou em larga escala, quando a estação geradora se situa ao largo. Aí o potencial energético é 3 a 4 vezes superior.

A estimativa da energia instantânea das ondas na Terra, permite afirmar que 100km de linha de costa poderia providenciar tanta energia como a que produz uma grande central termo-elétrica convencional. Contudo, nem todas as costas do mundo têm o mesmo potencial energético e alguns dos dispositivos geradores de energia só se aplicam às ondas unidireccionais. O mais conhecido compreende um conjunto de êmbolos onde a pressão exercida pela onda provoca a compressão do ar nele existente. O ar passa então a um gerador de turbina.

A energia das marés é explorada desde a Idade Média (os velhos moinhos de maré) e conta já com diversas instalações geradoras de energia. Contudo, para que sejam rentáveis estas estações devem situar-se em domínio de macromaré ou no mínimo em maré com amplitude superior a 3m. Foram construídas com sucesso em várias costas do mundo (em França, na Bretanha com produção entre 50 e 100MW; no Canadá, na Baía de Fundy, onde a amplitude da maré chega a ultrapassar 16m, com produção entre 3000-500MW).

Com tão grande potencial energético, porque é que o petróleo, cujas reservas não são inesgotáveis, tem a primazia?

A análise do quadro 4 responde parcialmente a esta questão.

Os custos das instalações bem como da produção de energia gerada pelas ondas e pelas marés são bastante mais elevados.

Tal facto deve-se essencialmente a não ter sido investido o financiamento necessário para o desenvolvimento científico de equipamento que permita baixar os custos de produção das energias renováveis oceânicas. Contudo, não deve esquecer-se que as instalações geradores de energia das ondas e das marés, ao localizarem-se nas proximidades da linha de costa, não são desprovidas de impactes. Com efeito, elas causam perturbações nas correntes de maré e na propagação das ondas, modificando a dinâmica longilitoral dos sedimentos, perturbando os sistemas litorais.

Quadro 4 – Custos dos diferentes tipos de energia.

Tipo de energia	custos	
	Instalações (libras*/kW)	produção (libras*/kW)
petróleo/gás	500	0,04
nuclear	1 000	0,05
ondas	13 000	0,15
marés	3 500	0,09

* libra inglesa. Adaptado de Carter (1988).

O petróleo tem ainda outros impactes nos oceanos, que se referem adiante a propósito das poluições.

4.3. As poluições

A poluição é a introdução pelo homem, directa ou indirectamente, de substâncias ou energia no ambiente oceânico, ocasionando consequências nefastas nos organismos vivos, com prejuízo para o homem, com obstrução das actividades marinhas (onde se inclui a pesca e a aquacultura) por diminuição da qualidade da água (Libes, 1992).

A poluição terrestre, que atinge os oceanos, é constituída pelos esgotos domésticos (com microorganismos-batérias, vírus, parasitas intestinais) e industriais, pelas descargas de resíduos sólidos, pela contaminação de cursos de água pelo uso de aditivos e pesticidas na agricultura.

Alguns destes compostos e elementos químicos promovem a contaminação de peixes, crustáceos e moluscos comestíveis, a modificação de comunidades e a limitação de zonas de lazer.

A contaminação não é fácil de avaliar e quantificar, porque os sistemas biológicos evoluem naturalmente. Por outro lado, os organismos interagem com o meio em que vivem, demorando um certo tempo a reagir à introdução de contaminantes nesse meio.

Por esse motivo, é difícil distinguir as mudanças naturais das induzidas por contaminação e, neste caso, quanto tempo demoram a ocorrer.

Em laboratório considera-se que uma dose contaminante é letal quando origina a morte de 50% dos indivíduos, num determinado tempo. Porém há outras consequências, para além da morte dos indivíduos, como sejam as modificações fisiológicas e de comportamento. Além disso, os dados obtidos para uns organismos não são extrapoláveis para outros.

O *stress* ambiental que se gera na presença de contaminantes pode causar impactes negativos no crescimento e na taxa de reprodução dos organismos (Vale, 1998).

O quadro 5 sintetiza as respostas, adaptativa ou destrutiva, dos seres vivos, aos vários níveis, desde o celular ao da comunidade.

Quadro 5 – As respostas dos seres vivos aos contaminantes.

Nível de actuação dos contaminantes	Resposta adaptativa	Resposta destrutiva
Bio-químico-celular	<ul style="list-style-type: none">• Desintoxicação	<ul style="list-style-type: none">• Ruptura de membranas• Desequilíbrio energético
Organismo	<ul style="list-style-type: none">• Doenças defensivas• Adaptação de funções• Fugas	<ul style="list-style-type: none">• Alterações metabólicas• Alterações aberrantes• Maior incidência de doenças• Redução das taxas de crescimento e de reprodução
População	<ul style="list-style-type: none">• Adaptação ao stress	<ul style="list-style-type: none">• Alteração na dinâmica das populações
Comunidade	<ul style="list-style-type: none">• Adaptação ao stress	<ul style="list-style-type: none">• Alteração na composição específica e na diversidade• Redução do fluxo energético

Adaptado de Libes, em Vale (1998).

A poluição petrolífera pode ser de dois tipos: acidentes em plataformas petrolíferas e derrames de crude acidentais, para além das lavagens dos tanques dos petroleiros.

Estima-se que, em cada ano, mais de 3,6 milhões de toneladas sejam derramadas no oceano, sobretudo resultantes de acidentes com navios petroleiros.

A dispersão dos derrames de petróleo no oceano origina impactes em tempos diferentes. O primeiro, imediato, origina a formação de uma película superficial. É uma dispersão por gravidade, condicionada pelas condições de vento e de ondulação. No decurso de alguns dias, os compostos de menor peso molecular tendem a dissolver-se, a evaporar-se ou a degradar-se fotoquimicamente. No decurso de semanas, outra parte é adsorvida ou incorporada em partículas de água e transportada para os sedimentos. Finalmente, ao fim de meses, ocorre a biodegradação (fig.24).

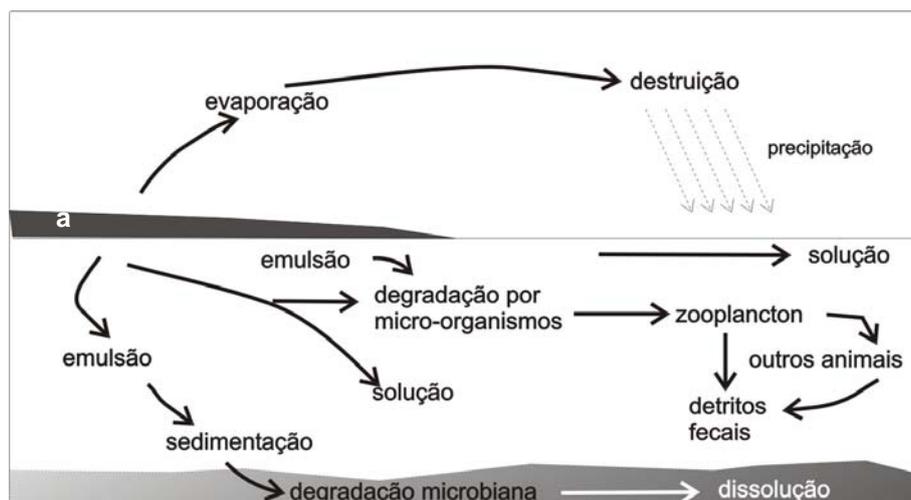


Fig. 24 – Da dispersão à biodegradação de um derrame de petróleo (a).

O quadro 6 assinala alguns importantes acidentes com navios petroleiros.

A poluição por petróleo é desastrosa. Para além de ser tóxico e causar perturbações no aparelho digestivo dos seres vivos marinhos, causa sufocação por formar uma película que cobre os animais e a superfície do oceano, impedindo as trocas de oxigénio com a atmosfera.

4.4. Riscos no litoral

O litoral, como se referiu, pela sua posição, revela-se uma área de grande dinamismo natural e social. Constitui, com os seus sistemas naturais, uma área tampão ao avanço do mar.

A erosão costeira afecta presentemente a maior parte dos litorais do planeta. As razões desse fenómeno são em parte atribuíveis à subida eustática do nível do mar, mas sobretudo ao uso mal planeado dos territórios litorais, que impede as livres trocas transversais (a que se aludiu no ponto 3), a que se associa um

Quadro 6 – Alguns dos principais acidentes com navios petroleiros.

Ano e nome do navio	Derrame de petróleo/crude (em milhares de toneladas) e principais consequências
1967 - Torrey Canyon	118; ao largo da Cornualha, afectou 400km de costa e matou entre 40 000 e 100 000 aves marinhas
1970 - Arrow	10; na Nova Escócia, afectou 300km de costa
1983 - Castillo de Belver	200; ao largo da África do Sul
1987 - Amoco Cadiz	223; afectou 300km da costa da Bretanha
1989 - Exxon Valdez	240 000 ¹⁹ ; no Alasca, cobrindo uma área de mais de 2300km ² e afectando centenas de quilómetros de costa. A camada de petróleo chegou a atingir 10cm de espessura. Estima-se que tenham morrido 3 500-5 500 lontras, 200 focas e cerca de 400 000 aves marinhas
1991 Guerra do Golfo	mais de 1 000; devido à fraca amplitude da maré, só parece ter afectado uma faixa costeira oceânica com 2km de largura

um défice de sedimentos, retidos em terra directa ou indirectamente²⁰ pelas barragens ou a barlar das estruturas de defesa costeira.

O ordenamento não sustentável das terras emersas e nomeadamente das bacias hidrográficas, para além da extracção de inertes nos estuários e dunas, e ocupação dos sistemas dunares por casas e infra-estruturas de apoio ao lazer constituem as principais causas da erosão costeira (caixa 20).

As formas que têm sido encontradas para obviar a este problema consistem, na maior parte, dos casos na construção de estruturas de defesa, ligeira ou pesada. As primeiras tentam manter a paisagem litoral próxima da “natural”, mas as segundas transformam-na completamente. A artificialização do litoral por estruturas pesadas, ao

¹⁹ O valor apontado refere-se ao número de barris de petróleo que foram derramados. Viles e Spencer (1995) sugerem que a área afectada por este acidente pode ter atingido 25 000km², incluindo áreas oceânicas e costeiras (p. 283).

²⁰ As barragens ao diminuir a magnitude e a frequência das cheias, não permitem a chegada ao litoral de grande parte dos sedimentos.

Caixa 20

A **erosão costeira em Portugal** não é somente um fenómeno actual. Desde o final do século passado que começou a ser referenciado. A área de Espinho é disso um bom exemplo. Há notícias de "avanços" do mar que provocaram destruições desde 1869. De então e até 1889, o recuo médio foi de cerca de 8m/ano. Foram aí construídas as primeiras obras de protecção costeira em Portugal e em 1989, no troço Espinho - Cortegaça, existiam, em média, cerca de 1,8 esporões/km de costa e mais de 325m de estruturas longilitorais (Ferreira e Dias, 1990).

As causas da erosão

As causas da erosão são várias e resultam de intervenções humanas directamente sobre o litoral e também de outras que, apesar de distanciadas vários quilómetros, têm repercussões na dinâmica litoral.

- **A diminuição do afluxo de sedimentos ao litoral.** Esta diminuição tem várias causas. A primeira será, muito provavelmente, a construção de barragens, cujo incremento se verificou na década de 70. Refira-se, como exemplo, o Rio Douro que, em regime natural, transportaria uma carga sólida de fundo de cerca de $1,8 \times 10^6 \text{m}^3/\text{ano}$ e se estima que esse valor tenha sido reduzido para cerca de $0,25 \times 10^6 \text{m}^3/\text{ano}$ (Oliveira et al., 1982). Esta diminuição não é apenas consequência da retenção dos sedimentos a montante. As barragens, ao fazerem diminuir a frequência e magnitude das cheias, impedem que os restantes sedimentos provenientes das áreas a jusante das barragens atinjam o litoral. As florestações e regularização dos leitos dos cursos de água contribuem também para esse déficit. As numerosas dragagens efectuadas nos estuários, bem como a extracção de inertes, retiram igualmente enormes quantidades de sedimentos que nunca chegam a atingir a linha de costa. Cite-se a título de exemplo, que, só na parte jusante do rio Douro, o volume de sedimentos dragados entre 1982 e 1986 foi de $3 \times 10^6 \text{m}^3$, isto é, um quantitativo pouco inferior ao estimado para o volume de sedimentos em trânsito na deriva litoral, o qual se estima ser da ordem de 1×10^6 a $2 \times 10^6 \text{m}^3/\text{ano}$ (Alveirinho et al, 1994, inédito). Entre 1990 e 1994, estima-se que no litoral português tenham sido dragados $6 \times 10^6 \text{m}^3$ (Rego e Cid, 1995). A estes valores deve ainda acrescentar-se a extracção clandestina de inertes que, nalguns locais do litoral português, parecem atingir valores surpreendentes.
- **A destruição parcial ou total dos sistemas costeiros.** Este fenómeno ocorre na sequência da ocupação (casas e vias de comunicação) até ao topo da arriba ou das dunas frontais (ou até à praia alta), traduzindo-se na destruição do equilíbrio natural dos sistemas, impedindo nomeadamente as trocas transversais de sedimentos. O pisoteio desordenado dos cordões dunares e a extracção de areias, bem como a construção de estradas contribuem igualmente para esse desequilíbrio.

(cont.)

- **O impedimento da livre circulação longilitoral de sedimentos.** Este fenómeno surge em consequência da construção de estruturas para regularização das barras dos portos e estruturas transversais de defesa da costa contra a erosão.
O déficite sedimentar e a intervenção antrópica directa debilitam os sistemas naturais, nomeadamente praias e dunas, que funcionam como sistemas de protecção ao ataque das ondas, ficando mais frequentemente sujeitas a galgamentos oceânicos, com consequente erosão costeira acentuada e recuo da linha de costa.
- **A elevação do nível do mar.** O estudo da série maregráfica centenária de Cascais (Taborda e Dias, 1988; Dias e Taborda, 1989, 1991) revela uma elevação média do nível relativo do mar, ao longo do presente século, da ordem de 1,3 mm/ano. No entanto, na referida série, é possível definir dois períodos distintos: um até 1920, em que se registou um ligeiro abaixamento do nível marinho; e outro, até à actualidade, com uma subida do nível médio relativo do mar de 1,7 mm/ano. Este fenómeno não pode ser descurado na ocupação e gestão do litoral. Contudo, estimativas efectuadas por Ferreira (1993) e Ferreira et al (1990) sobre o peso da actual elevação do nível do mar no recuo da linha de costa, para o troço Aveiro – Cabo Mondego revelam que essa elevação poderia justificar directamente, apenas cerca de 10% do recuo da linha de costa. Idênticas conclusões se podem extrair dos trabalhos de outros autores.

Presentemente, na costa portuguesa, predominam os troços em erosão, com taxas de recuo que variam entre alguns milímetros e mais de uma dezena de metros. As áreas mais críticas, em que esses valores variam entre 1 e 14m/ano, situam-se a sotamar dos portos de Viana do Castelo, do Douro e Leixões, de Aveiro, da Figueira da Foz e de Lisboa e, ainda, no sotavento algarvio.

(Adaptado de A. Ramos Pereira, 1996a)

destruir os sistemas naturais móveis, faz-lhe perder as defesas naturais (que as artificiais não substituem completamente), faz com que o litoral perca, do ponto de vista paisagístico, as suas características próprias, conferindo-lhe a traço comum de todos os litorais artificializados - alinhamentos de estruturas de betão que pouco diferem em todo o Mundo.

A artificialização com estruturas pesadas do litoral submetido a um regime erosivo tem, por isso, três consequências distintas: a fixação da linha de costa e a perda da diversidade das belezas litorais, para além da destruição de grande parte dos sistemas vivos litorais. Além

destes impactes e tendo em atenção que esta solução nunca é definitiva, pois a capacidade energética do oceano pode destruí-la, tem ainda implicações de natureza económica, cujas consequências não devem ser menosprezadas.

Com efeito, na nossa sociedade está a retomar-se o gosto pelo “natural” e pelas actividades de turismo e lazer a ele ligadas. O denominado Ecoturismo, que extrava o litoral, estima-se que providencie 5-15% do turismo global e este sector da economia tem vindo a crescer aproximadamente 30%/ano. Esta é também uma razão porque, numa sociedade economicista como a nossa, este tema não possa ser descurado.

Porém, as principais situações de conflito no litoral são de dois tipos: os já referidos troços em erosão mais ou menos acelerada e que só é tornada pública quando ocorre em áreas densamente ocupadas ou onde os investimentos turísticos são postos em risco (caixa 21) e, pelo contrário, assoreamento dos pequenos estuários e lagunas costeiras, promovendo a sua eutrofização e pondo em causa as comunidades locais que vivem da aquacultura.

O assoreamento dos pequenos estuários e lagunas costeiras, geralmente menos abordado, é cada vez mais frequente e tem impactos crescentes, nomeadamente porque é neles que se incentiva a prática da aquacultura, que é actividade cada dia mais importante. Este fenómeno tem, em parte, causas semelhantes às que desencadeiam a erosão costeira, isto é, a má gestão das bacias hidrográficas.

As pequenas bacias hidrográficas, geralmente desprovidas de barragens, têm sofrido desflorestações e o seu solo nem sempre tem sido utilizado da forma mais racional. Como consequência, este tem sido erodido e os pequenos cursos de água vão transportando esses sedimentos até à foz, onde os depositam. Assim, se vão colmatando estes sistemas litorais de grande valor biológico. A colmatção pode ser total e levar a mudanças económicas e sociais (caixa 22).

Nos litorais expostos e, sobretudo, nos baixos e naqueles que se encontram em erosão, os temporais constituem um risco. Por definição, um temporal associa-se sempre a ondulação fortemente energética, ou se quisermos com grande capacidade de erosão e mobilização de sedimentos (que podem ir do calibre da areia ao

Caixa 21

Vale do Lobo, no centro do Algarve, é uma conhecida praia com um complexo turístico de luxo.

Nos anos 70, a praia tinha cerca de 100m de largura e era bordejada por uma arriba com 20m de altura, cortada em materiais pouco consolidados. As vivendas do complexo turístico foram construídas a cerca de 100m do topo da arriba. Apenas a piscina, o campo de golfe e algumas estruturas de apoio de praia foram construídas junto ao topo da arriba e da praia.

Na década seguinte, foram construídos dois esporões para fixar a saída da marina de Vilamoura, que se situa a ocidente de Vale do Lobo. Como o trânsito de sedimentos neste litoral se faz predominantemente de oeste para leste, estes esporões obstruíam a passagem de parte dos sedimentos em trânsito e desencadearam erosão a sotamar. Os primeiros problemas começaram em Quarteira, onde foram construídos vários esporões (num total de 10 em 2km de linha de costa) e uma estrutura longilitoral para proteger a praia e a estrada marginal. O recuo da arriba, entre 1976 e 1980, em Vale do Lobo, foi de 7,5 m/ano e de 2,5-1,3m/ano entre 1980 e 1991 (Dias, 1988; Marques, 1991). O progresso da erosão para oriente atingiu Vale do Lobo, a praia estreitou, pondo em risco a piscina que teve que ser protegida por uma protecção longilitoral, para além de se iniciar a alimentação artificial da praia, principal razão de ser do complexo turístico.

Nos últimos anos, o mar atinge frequentemente a base da arriba e o seu recuo pôs já em risco as vivendas e o campo de golfe, mesmo com o reabastecimento artificial da praia, que terá doravante de ser periódico.

No final de 1995, as vivendas construídas a cerca de 100m do topo da arriba estavam em risco de cair. As causas desta situação não resultaram apenas do trabalho do mar, mas também da erosão promovida na arriba, pela escorrência originada pela água da chuva, mas também pela água disponível proveniente da rega dos jardins e do campo de golfe. Esta água também satura os depósitos pouco coerentes em que é talhada a arriba, desencadeando desmoronamentos e deslizamentos.

O exemplo de Vale do Lobo é paradigmático da complexidade dos sistemas litorais, da sua dinâmica e da variedade de factores que devem ser tidos em atenção no ordenamento do território litoral.

(Adaptado de A. Ramos Pereira, 1996b).

grande calhau), com alturas de onda superiores às que se registam habitualmente (12-15 e mais metros). Frequentemente, a estes fenómenos associa-se o que é conhecido em língua inglesa por *storm surge*²¹ e que em português se costuma designar por “sobre-elevação do nível do mar de origem meteorológica” e que pode ultrapassar 1m.

²¹ Traduzida à letra esta expressão corresponde a sobre-elevação de tempestade. Porém, este fenómeno pode ocorrer sem que haja tempestade no mar.

Caixa 22

A concha de S. Martinho do Porto ilustra o exemplo de uma laguna litoral de pequenas dimensões e que não é mais do que uma herança de uma relativamente grande lagoa, que foi sendo colmatada pelos sedimentos transportados pelos rios e também pelo lastro dos navios que nela aportavam. É também o exemplo de uma laguna onde se desenvolveram aglomerações que viviam das trocas comerciais nos portos que a laguna abrigava.

As lagunas do litoral de Portugal continental começam a ser submetidas a um regime de colmatção desde o século XV, fenómeno que se acelerou no século XIII. No caso de S. Martinho do Porto, tal deveu-se ao afluxo de sedimentos trazidos pelos rios, em consequência da desflorestação das vertentes dos seus vales. As povoações que cercam a laguna (Salir do Porto, Alfeizerão, entre outras) situam-se acima da cota de 20m e eram pequenos portos. No século XVIII, a extensão da lagoa seria aproximadamente a sugerida pela fig.22.1 e estaria já em franco assoreamento, tendo sido interditado aos navios que nela aportavam de aí deixar o lastro. A tendência para o assoreamento prosseguiu e, em cerca de 200 anos, a lagoa ficou reduzida à pequena concha que hoje existe.

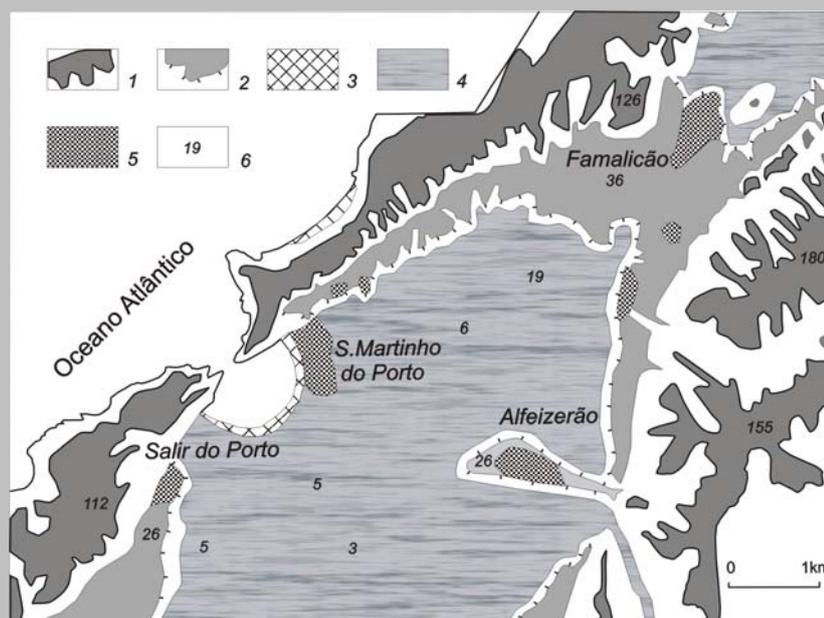


Fig. 22.1 – A concha de S. Martinho do Porto. 1 - o planalto enquadrante; 2 - a área enquadrante da laguna que perdurou até ao século XIII e onde se localizaram as principais aglomerações; 3 - a praia actual; 4 - área ocupada pela lagoa até ao século XIII; 5 - povoações; 6 - altitude.

Adaptado de A. Ramos Pereira (1992b).

O resultado é o efeito acumulado de um nível do mar mais alto do que o habitual, onde ocorrem ondas também mais altas e fortemente energéticas. As consequências são os galgamentos oceânicos dos sistemas litorais, praias e dunas, quando estes existem. Por isso se diz que eles têm um efeito tampão ou amortecedor. Nas costas em erosão, pelas razões já expostas, esse efeito é menor e, nas costas artificializadas, ele não existe ou está muitíssimo diminuindo.

Quando a situações de temporal, em que o nível do mar está mais alto, se associam fortes precipitações em terra, que desencadeiam situações de cheia, ocorrem em geral inundações ribeirinhas, fenómeno habitual nas cidade litorais junto a foz de rios, onde a impermeabilização dos solos ainda contribui mais para dificultar o escoamento das águas.

Um outro risco proveniente do oceano pode afectar o litoral: os maremotos (em japonês *tsunamis*). Estes derivam da instabilidade das bacias oceânicas, cuja dinâmica se propaga ao oceano e atinge os litorais. Podem ser ocasionados por tremores de terra, por deslizamentos submarinos de grandes volumes de terreno, por erupções vulcânicas oceânicas ou insulares ou explosões ocorridas junto à superfície oceânica. A perturbação desencadeada por estes fenómenos propaga-se no oceano de maneira concêntrica, a partir do ponto de origem. O maremoto atravessa o oceano como uma onda de grande comprimento de onda (200km, por exemplo) e pequena amplitude (1m), razão porque no mar pode passar despercebida. Mas esta onda pode ser muitíssimo amplificada por efeito de ressonância nas águas pouco profundas litorais (dependendo da morfologia da bacia oceânica e das suas características junto às terras emersas), para além das deflecções a que fica sujeita. Já foram registadas ondas de maremoto com pelo menos 11m (Caixa 23).

Estes fenómenos extremos tem uma baixa frequência de ocorrência, mas não são ainda previsíveis. Por esse motivo, uma educação ambiental direccionada para a informação e prevenção deve ser promovida junto da população em geral, para além de uma formação específica para os planeadores e gestores do território, a exemplo do que se passa no Japão.

Caixa 23

Portugal, pela sua posição geo-estrutural, é particularmente susceptível a tremores de terra e muitas são as referências que possuímos. Do recenseamento levado a cabo por Barata et al (1989), extraíram-se algumas referências e citações de diversos autores sobre as transformações no litoral e a maremotos que afectaram o território de Portugal continental. Aqui ficam algumas descrições seleccionadas pelo realismo que encerram, de forma alguma exaustivas, mas que demonstram bem o risco a que o nosso litoral está submetido.

- **68-60 aC:** grande maremoto afectou o litoral da Galiza e de Portugal. As populações fugiram para as montanhas porque o mar cobriu os campos.
- **382:** grande terramoto e muitas ilhas foram submergidas das quais hoje ainda se vêem vestígios junto ao Cabo de S. Vicente.
- **1198:** reinado de D Sancho I, terramoto com tempestade de mar (?).
- **1356,** 24 de Agosto: grande dano nas cidades marítimas, Lisboa incluída (não são referidas causas).
- **1504:** ocorreu fenómeno idêntico ao anterior, as populações foram viver para os montes, tendo abandonado as casas para viver em barracas (não são referidas causas).
1531, 26 de Janeiro: reinado de D. João III, são referenciados vários terramotos, as populações foram para o campos e “O Tejo com os violentos fluxos de maré, e agitação furiosa das suas ondas creceo de modo, que submergindo muitos navios, se afirmar abryo no meyo as suas águas deixando patente as areas do seu fundo”....“Terramoto horrível em Lisboa: cairam na cidade 1500 casas, arruinaram-se vários templos e submergiram-se muitos navios com o temporal”....“...La madre, por donde corre el Rio Tajo, se inchiò de tal manera, que apartando-se las agoas de la una, y otra parte, parecia resultar una manera de Isla”.
- **1571,** 26 de Janeiro: submergiram muitos navios no mar; os reis e a população retiraram-se para o campo.
- **1719,** 6 de Março: no Algarve, “Hoje hum quarto antes de nascer o sol, padecendo a lua eclipse, se sentiu pela parte do mar um ruido horrível e a terra (Villa Nova de Portimão) padeceu hum formidável terramoto por tres ou quatro minutos...”. “Lagos, está quazi arrazada...; o mar entrou pela terra dentro em altura de 7 varas a levou: os fortísimos muros da Cidade... forão conduzidos com a violencia das agoas”. O mesmo parece ter sucedido em Albufeira, Faro, Tavira e Castro Marim” (descrição idêntica à de 1755).
- **1755,** 1 de Novembro: “Ainda não hera paçado hu quarto de hora q [que] tinha principiado tão horrível terramoto. q^{to} de repente principiou a crescer o mar com tão a rebatada furia, que em breves instantes entrou pelas prayas, a onde se achava inumeravel povo, q se tinha retirado das ruinas dos idifícios; e vendo-se este a cometido das agoas, principiou a fugir p^a os campos, e montes clamando aq.^m incontravão, q fugissem todos da cidade, porque o mar a vinha a fogar... Assim como o mar impetuozam^{to} subio, sahiando dos seus limites, assim mesmo se tornou logo a retirar, afogando som^{te} algumas pessoas q apanhou nas prayas...”

(cont.)

...” Em todos estes Lugares (Lisboa, Cascais, Peniche, Setúbal, Alentejo e Algarve) o mar extraordinariamente intumescido, affogou muita gente, que se tinha refugiado nas prayas...” “...ella [Setúbal] ficou reduzida à ultima miseria” ... umas pessoas “acabaram no terramoto, as mais no mar, que entrou na Villa as arrebatou...” “...veyo o mar com a mayor violencia à terra e entrando pela Villa, destruhio as muralhas, assolou propried.^{es} afogou muita gente q descuidade de semelhante sosseço acolheo repentinamte as agoas, movidas com tanto impulso q trouxerão ao meyo das ruas mtas, e grandes imbarçaçoens, em cujas ruinas, do terramoto, e inundaçãõ das agoas dizem morrerião cinco mil pessoas...”

Pelas descrições é possível estimar que a onda do maremoto atingiu pelo menos 6m em Lisboa, onde parece ter penetrado nalguns locais até 250m, e mais de 10 m no Cabo de S. Vicente, nunca se tendo voltado a tingir tais valores no litoral de Portugal continental, nem mesmo no último tremor de terra de maior magnitude, como o que ocorreu em 28 de Fevereiro de 1969.

Nota final

Chegado ao fim, ressalta o muito que ficou por dizer. O oceano é realmente, por si só, um mundo. Como se referiu no início, privilegiaram-se alguns temas e a sua escolha é discutível. Pretendeu-se de uma forma simples e não simplista fornecer alguns dados e conceitos sobre o oceano que poderão ser úteis ao público em geral, interessado pelas questões ambientais, e aos professores, que dispõem ainda de muito pouca bibliografia em português.

Afirmava-se também na introdução que, aliado ao rigor, se pretendia apresentar os diversos temas de uma forma agradável, ligeira. Admito que isso nem sempre tenha sido conseguido. Tal sucedeu, não porque não fosse uma preocupação constante, mas porque são temas muito complexos.

Se este livro traz aos seus leitores algo de novo que ilustre a importância do oceano no quadro ambiental do planeta e lhes forneça os fundamentos para promover uma educação ambiental, então considero que foi um desafio conseguido.

Agradeço a leitura crítica de vários colegas, também eles docentes do ensino secundário e superior. Um agradecimento especial é devido à Prof. Doutora Suzanne Daveau, pela leitura crítica e sempre pertinente dos dois primeiros capítulos.

Antes de terminar devo agradecer ao I.I.E. o convite que me foi formulado por intermédio do Dr. Manuel Gomes que, juntamente com a Dr.^a Adelaide Espiga do I.P.A.M.B., apostaram neste desafio. Para ambos o meu reconhecimento.

Algés, Março de 1999

Ana Ramos Pereira

BIBLIOGRAFIA

- Barata, M. R. T.; Braga, M. L.; Wagner, M. N.; Guerra, B. G.; Alves, J. F.; Neto, J. (1989) - *Sismicidade de Portugal. Estudo da documentação dos séculos XVII e XVIII*. Vol I e II, M.P.A.T., Lisboa, 229p e 336p.
- Boersma, P. Dee e Parrish, J. K. (1998) - Limiting abuse: marine protected areas, a limited solution. Em R. Costanza e F. Andrade (ed.), Lisboa, p.123-151.
- Brown, J.; Colling, A.; Park, D.; Philips, J.; Rothery, D.; Wright, J. (1993) - *Ocean circulation*. The Open University, 3ª edição, Pergamon Press, Oxford, 238p.
- Carter, R. W .G. (1988) - *Coastal environments. An Introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*. Academic Press, Londres, 617p.
- Chorley, R.J.; Stanley, A.S.; David, E.S. (1984) - *Geomorphology*. Nova Iorque, Methuen & Co, 605p.
- Costanza, R.; D'Arge, R.; De Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Naeem, S.; Limburg, K.; Paruelo, J.; O'Neil, R. V.; Raskin, R.; Sutton, P.; Belt, M. van den - (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, 387, p. 253-260.
- Costanza, R. e Andrade, F. (ed.)(1998) - *A economia ecológica e a governação sustentável dos oceanos*. F.L.A.D., I.M.A.R. & L.P.N., Lisboa, 294p.
- Costanza, R.; Andrade, F.; Antunes, P.; Belt, M. van den; Boesch, D. F.; Boersma, P. Dee; Catarini, F.; Hanna, S. S.; Limburg, K.; Low, B.; Molitor, M.; Pereira, J. G.; Rayner, S.; Santos, R; Wilson, J.; Yuong, M. (1998) - A economia ecológica e a governação sustentável dos oceanos Em R. Costanza e F. Andrade (ed.), Lisboa, p.11-40.
- Daveau, S. (1976) - *O ambiente geográfico natural*. Edições Imprensa Nacional Casa da Moeda, Lisboa, 135p.
- Dias, J. Alveirinho (1988) - Aspectos geológicos do litoral algarvio. *Geonovas*, vol.10, p.113-128.
- Duxbury, A. B. e Duxbury, A. C. (1993) - *Fundamentals of oceanography*. Wm.C. Brown Publishers, Dubuque (EUA), 291p.
- FAO - Food and Agriculture Organization (1993) - *FAO Yearbook*, vol.72 (1991), FAO Fisheries Series nº40, Catches and landing. United Nations Food and Agriculture Organisation, Roma, 654p.

- FAO - Food and Agriculture Organization (1997) - *The state of world fisheries and aquaculture 1996*. United Nations Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 322p.
- Ferreira, O. (1993) – *Caracterização dos principais factores condicionantes do balanço sedimentar e da evolução da linha de costa entre Aveiro e o Cabo Mondego*. Dissertação de mestrado, Univ. Lisboa.
- Guelorget, O.; Reynaud, Ch.; Autrand, M. (1998) - *Le littoral et l'aquaculture. Dossier pour la Science - Les humeurs de l'océan*, Paris, p.110-116.
- IGBP (1994) - *International Geosphere-Biosphere Project*. Em IGBP Action: The Work Plan 1994-1998, IGBP Report nº 28, 151p.
- Instituto Hidrográfico (1982) - *Campanha para o estudo da circulação na costa de Portugal (CECIR) V - Janeiro 1979. Relatório e resultados*. I.H., Lisboa, 131p.
- Kelleher, G. C.; Bleakley, C.; Wells, S (1995) - *A global representative system of marine protected areas*. The World Bank, The World Conservation Union, Gland, 79p.
- Lauck, T.; Clark, C. W.; Mangel, M.; Munro, G. R. (1998) - Implementing the precautionary principle in fisheries management through marine reserves. *Ecological Applications*, 8, p.S72-S78.
- Libes, S. M. (1992) - *An introduction to marine biogeochemistry*. John Wiley & Sons, Nova Iorque, 734p.
- Mannion, A. M. e Bowlby, S. R. (1992) - *Environmental issues in the 1990s*. John Wiley & Sons, Chichester, 349p.
- Marques, F. F. (1991) - *Taxas de recuo das arribas do litoral sul do Algarve e sua importância na avaliação de riscos geológicos*. Actas do *Seminário A Zona Costeira e os Problemas Ambientais*. Aveiro, p.100-108.
- Oliveira, I. M.; Vile, A. J.; Miranda, F. C. (1982) - *Littoral problems in the Portuguese West coast*. *Coastal Engineering'82*, p. 1950-1969.
- Pereira, A. Ramos (1992a) - *A geomorfologia da margem continental portuguesa e a interdependência das plataformas continental e litoral. Evolução do conhecimento e linhas de investigação*. Centro de Estudos Geográficos, L.A.G.F., 30, Lisboa, 85p.
- Pereira, A. Ramos (1992b) - *L'homme et l'érosion: l'exemple du littoral portugais*. *Finisterra*, XXVII, 53-54, p.205-225.

- Pereira, A. Ramos (1996a) -The Alentejo and Algarve coasts in the portuguese framework. In A. B. Ferreira & G. T. Vieira (eds) - *Fifth European Intensive Course on Applied Geomorphology - Mediterranean and Urban Areas*, Departamento de Geografia, Universidade de Lisboa, p.199-205.
- Pereira, A. Ramos (1996b) The coastal area near Vila Nova de Milfontes. In A. B. Ferreira & G. T. Vieira (eds) - *Fifth European Intensive Course on Applied Geomorphology - Mediterranean and Urban Areas*, Departamento de Geografia, Universidade de Lisboa, p.215-221.
- Pereira, A. Ramos. (1996c) - The beach-cliff system of Vale do Lobo. In A. B. Ferreira & G. T. Vieira (eds) - *Fifth European Intensive Course on Applied Geomorphology - Mediterranean and Urban Areas*, Departamento de Geografia, Universidade de Lisboa, p.235-239.
- Pereira, A. Ramos e Gomes, M. (1996) - Educação ambiental e geografia. *Inforgeo*, 11, p.135-150.
- Pickering, K. T. e Owen, L. A. (1994) - *An introduction to global environmental issues*. Routledge, Londres, 390p.
- Raposo, I. (1997) - *Não há bichos de sete cabeças*. I. I. E., Cadernos de Educação Ambiental, 2, Lisboa, 75p.
- Royer, T. C.; Vermersch, J. A; Niebauer, H. J.; Muench, R. D. (1990) - Ocean circulation influencing the Exxon valdex oil spill. *Oceanography*, 3, p. 3-10.
- Saldanha, L. (1996) - A biodiversidade dos oceanos e a proteção da vida marinha. Em *Oceanos II - Os futuros desafios na política dos oceanos*, F.L.A.D., p.55-60.
- Scmidt, K. F. (1997) - "No take" zones spark fisheries debate. *Science*, 277, p. 489-491.
- Summerhayes, C. P. e Thorpe, S. A. (1996) - *Oceanography. An illustrated guide*. Manson Publishing, Londres, 352p.
- Tolmazin, D. (1992) - *Elements of Dynamic Oceanography*. Chpaman & Hall, Londres, 2ªedição, 181p.
- Vale, C. (1998) - *A poluição do meio marinho*. Expo 98, Lisboa, 50p.
- Viles, H. e Spencer, T. (1995) - *Coastal problems. Geomorphology, ecology and society at the coast*. Arnold, Londres, 350p.
- White, I. D.; Mottershead, D. N.; Harrison, S. J. (1993) - Environmental issues. An introductory text. Chapman & Hall, Londres, 2ª ed., 616

Índice Remissivo

Ao longo do texto são utilizados e definidos diversos conceitos. Para mais fácil consulta, indicam-se aqui as páginas onde podem ser encontrados.

- altura da onda, 53
- altura máxima da onda, 53
- altura significativa da onda, 53
- ambiente abissopelágico, 33
- ambiente batipelágico, 32
- ambiente epipelágico, 31
- ambiente mesopelágico, 32
- amplitude da onda, 53
- aquacultura extensiva, 95
- aquacultura intensiva, 95
- aquacultura semi-intensiva, 75
- aquacultura, 91
- arriba, 69, 76, 77, 79
- astenosfera, 16
- atmosfera, 10
- bacia oceânica, 16
- biosfera, 10
- calor específico, 42
- calor latente, 38
- cava da onda, 53
- ciclo da água, 37
- circulação termohalina, 26
- comprimento de onda, 53
- cordão litoral livre, 69
- costa frísia, 69
- crista da onda, 53
- crista média oceânica, 18
- curva hipsométrica global, 17
- deflecção, 75
- delta, 69
- densidade, 27
- deriva litoral, 75
- difracção, 75
- dorsal oceânica, 18
- downwelling*, 45
- duna, 69
- efeito de estufa, 41
- efeito tampão, 40
- erosão costeira, 102
- estuário 69, 77
- fitoplancton*, 33
- fjord*, 69, 70

fossa oceânica, 18
frequência da onda, 53
gás de efeito de estufa (GEE), 40, 41
hidrosfera, 10
ilha-barreira, 69, 77, 78
lido, 69
litosfera, 10
maré morta, 50
maré viva, 50
marégrafo, 65
maremoto, 107
marés, 49
massa de água, 26, 30
necton, 33
noosfera, 11
ondas oscilatórias, 48
ondas translacionais, 48, 52
ortogonal da onda, 53
período da onda, 53
placa litosférica, 16
plancton, 33
planície abissal, 18
plataforma continental, 18
plataforma de abrasão, 69
poluição, 98
praia, 69, 76
pressão média parcial, 39
produção primária, 31
reflexão, 75
refracção, 74, 75
restinga, 69
ria, 69
salinidade, 21, 24
sedimentos litorais, 71
storm surge, 105
talude continental, 18
tempo de residência, 23
termoclina, 28
tipo de mar, 54
tômbolo, 70, 75
upwelling, 45
varrido, 51, 54
velocidade de propagação da onda, 53
vertente continental, 18
zona económica exclusiva (ZEE), 90, 93
zooplancton, 33

Índice das figuras, no texto

	Pág.
Fig. 1 – Os subsistemas do sistema ambiental (A). Entre parêntesis referem-se as componentes ambientais de cada um deles.	10
Fig. 2 – Curva hipsométrica global (a).	17
Fig. 3 – Os quatro oceanos.	19
Fig. 4 – Origem dos sais oceânicos.	23
Fig. 5 – Diagrama da variação da temperatura e da salinidade com a profundidade.	25
Fig. 6 – Variação do teor em O ₂ e CO ₂ com a profundidade, bem como as designações dos ambientes biológicos.	32
Fig. 7 – O ciclo da água simplificado (a - evapotranspiração; b - precipitação; c - evaporação).	37
Fig. 8 – As principais correntes superficiais oceânicas.	46
Fig. 9 – O movimento ondulatório das partículas de água criado pelo vento.	51
Fig. 10 – A modificação do movimento orbital com a aproximação de terra. LC - linha de costa.	52
Fig. 11 – Ondulação de noroeste, gerada no bordo oriental de um anticiclone e numa situação pós-frontal.	55
Fig. 12 – Ondulação de geração longínqua (de noroeste) e de geração local (nor-noroeste), na sequência da Nortada, no litoral ocidental de Portugal continental, no dia 12/6/98.	56
Fig. 13 – Variação estacional do perfil da praia.	60
Fig. 14 – Consequências de uma pequena subida do nível médio do mar (de nm para nm') em tipos de litoral distintos, o primeiro um litoral rochoso alto e o segundo um litoral baixo e arenoso.	66
Fig. 15 – As formas litorais.	68

Fig. 16 – Fonte dos sedimentos litorais.	71
Fig. 17 – Sistemas litorais naturais e artificializados.	73
Fig. 18 – A refração da ondulação oblíqua à linha de costa.	74
Fig. 19 – A importância da amplitude da maré na ocorrência das formas litorais: dois exemplos.	77
Fig. 20 – O sistema litoral no cruzamento do sistema marinho e do sistema continental.	79
Fig. 21 – Superfície ocupada e produção dos sistemas vivos.	86
Fig. 22 – A evolução das capturas de pescado totais (a) e oceânicas (b), entre 1985 e 1991.	86
Fig. 23 – A extensão da ZEE mundial.	91
Fig. 24 – Da dispersão à biodegradação de um derrame de petróleo.	100

Índice das figuras em caixas

(o primeiro algarismo da figura indica o número da caixa em que está inserida)

	Pág.
Fig. 1.1 – O relevo submarino associado a dois grandes tipos de fronteiras de placas.	16
Fig. 2.1 – As três unidades de relevo submarino adjacente às terras emersas.	18
Fig. 3.1 – Variação latitudinal da salinidade (S) e do balanço entre a evaporação (E) e a precipitação (P).	21
Fig. 3.2 – A salinidade média à superfície (em ‰), nos oceanos.	22
Fig. 4.1 – Variação latitudinal média da densidade (D) das águas oceânicas, à superfície.	27
Fig. 5.1 – Variação, em profundidade, da temperatura (T), salinidade (S) e teor em oxigénio (O ₂) da água do oceano Atlântico, ao largo da Figueira da Foz.	28
Fig. 6.1 – As massas de água superficiais oceânicas.	30
Fig. 9.1 – O transporte de Ekman.	44
Fig. 10.1 – Intumescência (à esquerda) e detumescência (à direita) da superfície oceânica nos vórtices anticiclónicos e ciclónicos respectivamente, na sequência do transporte de Ekman.	45
Fig. 11.1 – Distorção da superfície do fluido pelas forças gravíticas e centrífugas.	49
Fig. 11.2 – A posição relativa da Terra e da Lua nas marés mortas e vivas de um ciclo lunar.	50
Fig. 12.1 – Alguns parâmetros de caracterização das ondas.	53
Fig. 13.1 – A plataforma continental ao largo de Portugal ocidental.	62
Fig. 22.1 – A concha de S. Martinho do Porto.	106

Índice de quadros

	Pág.
Quadro 1 – Os oceanos no planeta: alguns dados.	15
Quadro 2 – Elementos químicos presentes das águas oceânicas.	20
Quadro 3 – Relação entre a velocidade do vento, a extensão do varrido e alguns parâmetros da onda.	54
Quadro 4 – Custos dos diferentes tipos de energia.	97
Quadro 5 – As respostas dos seres vivos aos contaminantes.	99
Quadro 6 – Alguns dos principais acidentes com navios petroleiros.	101

Índice das fotografias

	Pág.
Foto 1 – <i>Uma praia em perfil de Inverno, na costa norte portuguesa.</i>	60
Foto 2 – <i>Campo dunar, em primeiro plano, e praia adjacente na costa ocidental portuguesa.</i>	63
Foto 3 – <i>Arriba talhada em rochas metamórficas (xistos), na costa alentejana.</i>	64
Foto 4 – <i>Arriba talhada em rochas sedimentares (calcários), na costa algarvia.</i>	64
Foto 5 – <i>Laguna litoral isolada por uma barreira arenosa, na costa galega.</i>	70
Foto 6 – <i>A abundância de sedimentos na foz dos cursos de água conduz, por vezes, à formação de ilhéus arenosos, como sucede com o Bugio, na foz do Rio Tejo.</i>	73
Foto 7 – <i>Consequência da interposição de um esporão ao livre trânsito de sedimentos na costa ocidental portuguesa.</i>	76
Foto 8 – <i>Um estuário parcialmente fechado por uma praia e um campo dunar, no litoral ocidental algarvio.</i>	78

Este livro constitui a resposta ao desafio endereçado à autora pelo Instituto de Inovação Educacional, no sentido de dar um contributo sobre “a forma de abordar a Educação Ambiental no contexto dos Oceanos - Conhecimento e Preocupações”, e que deveria constituir um instrumento capaz de ajudar os professores no desempenho da sua prática. A vastidão do assunto conduziu a autora a privilegiar os seguintes temas, analisados numa perspectiva ambiental e, por formação, evidentemente geográfica: as relações entre o oceano e a atmosfera (as relações verticais) e entre o oceano e as suas margens, ou seja, o litoral, no cruzamento entre as influências terrestres e marinhas e onde habita a maior parte da população mundial, e de que Portugal constitui também um exemplo. A propósito destes dois grandes temas, salienta-se a importância dos oceanos, não só pelos riscos que os afectam ou que deles provêm, mas também pelos enormes recursos que oferecem. Sempre que possível são dados exemplos sobre Portugal.

Pretendeu-se de uma forma simples e não simplista fornecer alguns dados e conceitos sobre o oceano que poderão ser úteis ao público em geral, interessado pelas questões ambientais, e aos professores, que dispõem ainda de muito pouca bibliografia em português.

Ana Ramos Pereira é doutorada em Geografia Física, especialidade Geomorfologia, pela Universidade de Lisboa. É Professora Associada do Departamento de Geografia da Faculdade de Letras, da Universidade de Lisboa. É, desde 1977, investigadora do Centro de Estudos Geográficos daquela Universidade, onde orienta a linha de investigação em Dinâmicas Litoral e Fluvial.

A sua investigação tem-se centrado na Geomorfologia e nas Dinâmicas do Ambiente Litoral