

PROGRAMA DE
**SISTEMAS LITORAIS:
 DINÂMICAS E ORDENAMENTO**
 (Unidade Curricular de 2º ciclo)

Colecção DILIF

M. Neves (2006) – *Os Sistemas Litorais da Estremadura. Classificação e Caracterização Geomorfológica*. Linha de Investigação em Dinâmica Litoral e Fluvial, DILIF-4, Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa.

C. Ramos (2005) – *Programa de Hidrogeografia*. Linha de Investigação em Dinâmica Litoral e Fluvial, DILIF-3, Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa.

P. Oliveira (2003) – *Inundações na cidade de Lisboa – Estudo de Hidrogeografia Urbana*. Linha de Investigação em Dinâmica Litoral e Fluvial, DILIF-2, Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa.

A. R. Pereira; C. Ramos & Colaboradores (2000) – *Contrastes Espaciais Concelhios de Algumas Componentes Ambientais em Portugal Continental*. Linha de Investigação em Dinâmica Litoral e Fluvial, DILIF-1, Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa.



LINHA DE INVESTIGAÇÃO EM DINÂMICA LITORAL E FLUVIAL
 DILIF-5
 CENTRO DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS
 UNIVERSIDADE DE LISBOA

Ana Ramos-Pereira

PROGRAMA

DE

**SISTEMAS LITORAIS:
DINÂMICAS E ORDENAMENTO**

(Unidade Curricular de 2º ciclo)

**CENTRO DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS
DILIF – DINÂMICA LITORAL E FLUVIAL N.º 5**

2008

FICHA TÉCNICA

Título: Sistemas litorais: dinâmicas e ordenamento

Autor: Ana Ramos-Pereira

Unidade de Investigação: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa

Linha de Investigação em Dinâmica Litoral e Fluvial

Edição e Distribuição: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa

Impressão: Barreira

Tiragem: 300 exemplares

ISBN: 978-972-636-183-1

Índice

	Pág.
Nota Introdutória	iii
Introdução	1
Objectivos gerais e específicos. Competências. Métodos de ensino. Avaliação na disciplina	3
1. Objectivos gerais	5
2. Objectivos específicos	5
3. Competências	8
4. Métodos de ensino	8
5. Avaliação da disciplina	8
Programa	11
1. Plano do Programa	13
2. Planificação das aulas	17
3. Desenvolvimento do Programa	19
Parte I - Traços Gerais do Litoral: componentes e elementos forçadores	21
I. O litoral e os seus sistemas	23
II. Os elementos forçadores e os factores da dinâmica marinha litoral	32
III. Os sedimentos litorais	43
Parte II – Dinâmica dos sistemas litorais considerados	49
IV. O sistema praia	51
V. O sistema duna	65
VI. As dinâmicas dos sistemas litorais de erosão	69
Parte III - Ordenamento e gestão do litoral	83
VII. O litoral no ordenamento do território	85
VIII. A <i>GIZC</i> em Portugal	103
IX. A síntese da informação	107
Bibliografia	109

NOTA INTRODUTÓRIA

O presente relatório do DILIF corresponde inteiramente ao Programa da unidade curricular do 2º ciclo, apresentada pela signatária aquando das suas provas de Agregação, realizadas no ano de 2006, mas que só durante o corrente ano foi possível publicar. Este Programa foi concebido na sequência da Licenciatura em Geografia de 3 anos, de acordo com o modelo de Bolonha.

A autora agradece a Jorge Trindade algumas das fotos utilizadas bem como a informações referentes ao uso de dGPS e Estação Total. A Elisabete Nunes agradece a formatação final do relatório.

INTRODUÇÃO

O estudo das dinâmicas litorais em Portugal tem sido partilhado por diversas ciências, nomeadamente pela Geologia, pelas Engenharias, pela Oceanografia e pela Geografia Física, à semelhança de que sucede noutros países. As formas de abordagem dos processos dessas dinâmicas são forçosamente distintas: (i) não só pela diferente formação de base dos intervenientes, como (ii) pela diversidade de que o litoral se reveste e (iii) pelos objectivos dos estudos realizados.

Algumas universidades desenvolvem temáticas específicas como a das dinâmicas dos sistemas de praia e dunas ou dos sistemas de barreira, ou da modelização dos processos, e/ou a aplicação ao ordenamento da faixa litoral ou, ainda, no estudo das heranças litorais quaternárias.

As formas de abordagem são, conseqüentemente, muito diversas, mas complementares.

O estudo das dinâmicas litorais tem, hoje em dia, um grande desenvolvimento nas escolas anglo-saxónicas, onde se pode incluir também a holandesa.

Em Portugal, o desenvolvimento destas temáticas tem acompanhado, à escala do país, o movimento internacional.

No quadro da Geografia Física, estes estudos inserem-se na Geomorfologia dinâmica e o seu desenvolvimento, ainda que pequeno e tardio, já revela a diversidade antes referenciada.

Durante muitos anos, os estudos das dinâmicas litorais constituíram o “parente pobre” da Geografia Física. O ensino e investigação iniciam-se pelo estudo das heranças e só posteriormente se trata a dinâmica litoral actual.

Na escola de Lisboa, este processo inicia-se, ainda que de forma titubeante e descontínua na década de 1980. Nos primeiros dois anos lectivos dessa década surge um seminário sobre a dinâmica física actual, da responsabilidade da Prof. Doutora Maria Eugénia Moreira. Mas só a partir do final dessa década se inicia o ensino regular, sob a responsabilidade da autora deste Programa, com a disciplina de *Geomorfologia Litoral*, que funcionou nos dois últimos anos da década, seguida, após reestruturações sucessivas, da disciplina de *Dinâmica do Ambiente Litoral*, durante a década de 1990, e de *Dinâmica dos Sistema Litorais*, de 2002-2003 a 2004-2005. A partir da última reestruturação do curso de Geografia, passou também a ser leccionada complementarmente a disciplina optativa de *Recursos, Riscos e Ordenamento do Litoral*. O sucesso destas temáticas nos alunos proporcionou o seu ensino no Mestrado

em Geografia Física ou Geografia Física e Ambiente, com diversos módulos como “*Ritmos evolutivos do espaço litoral e dos sistemas costeiros*” e “*Riscos e impactes em ambientes litorais*”, ambos em 1993-94; “*Variações do nível do mar*”, em 1994/95 e “*Dinâmica, Riscos e Impactes em Ambiente Litoral*, em 1995-96¹, dela tendo resultado diversas dissertações de Mestrado e de Doutoramento.

O ensino dos processos da dinâmica actual e passada parece estabilizado no quadro da Geografia Física e as colaborações nacionais e internacionais com especialistas destes domínios deixam antever a sua prossecução.

¹ Este Mestrado foi interrompido e só recomeçou no ano lectivo de 2004-2005, com o tema Clima e Sociedade.

**OBJECTIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS. COMPETÊNCIAS.
MÉTODOS DE ENSINO. AVALIAÇÃO NA DISCIPLINA**

1. OBJECTIVOS GERAIS

Esta disciplina visa alcançar os seguintes objectivos:

- (i) Compreensão da diversidade das dinâmicas dos sistemas litorais, no espaço e no tempo, e dos seus elementos forçadores;
- (ii) Aprendizagem das metodologias específicas de estudo de cada sistema litoral, incluindo o trabalho de campo;
- (iii) Utilização de técnicas de levantamento de campo diferenciadas, com recurso a instrumentação;
- (iv) Aprendizagem dos tipos de acompanhamento (monitorização) dos diferentes sistemas litorais;
- (v) Aplicação dos conhecimentos teóricos no estudo dos sistemas litorais;
- (vi) Desenvolvimento do raciocínio indutivo e dedutivo;
- (vii) Aplicação no Ordenamento do Território.

2. OBJECTIVOS ESPECÍFICOS

Esta disciplina está organizada em três partes distintas, cada um delas comportando diversos módulos temáticos.

A Parte I - *Traços Gerais do Litoral: componentes e elementos forçadores* - inclui três módulos ou capítulos. Os módulos I e II constituem-se como uma introdução ou revisão de conhecimentos ministrados numa disciplina a montante, denominada Dinâmica dos Sistemas Litorais. Porém e atendendo a que **Sistemas litorais: dinâmicas e ordenamento** se inclui no 2º ciclo do denominado processo de Bolonha, poderá ser frequentada por alunos que não tenham feito aquela disciplina. Por esse motivo, faz-se aqui uma apresentação resumida. Esta parte do Programa completa-se com uma iniciação à sedimentologia.

Módulo I. O litoral e os seus sistemas ⁽²⁾

Este é um módulo introdutório, onde se revêem alguns conceitos de base. Discute-se o conceito de litoral e a sua importância nas diversas formas de abordagem. Como espaço de atracção da população mundial, evidenciam-se os principais problemas daí

² Este tema constituirá apenas uma revisão, uma vez que ele é desenvolvido numa disciplina a montante, designada Dinâmica dos Sistemas Litorais.

decorrentes, correlacionando-os com o impulso de investigação sobre o litoral, que se registou na segunda metade do século passado, e a que se associaram numerosos trabalhos de aplicação no ordenamento do território.

Em seguida, efectua-se uma revisão dos traços gerais das formas litorais elementares e compósitas e a sua repartição no globo, recorrendo à análise holística e à concepção sistémica.

Finaliza-se com a justificação dos sistemas litorais que serão tratados com maior desenvolvimento em módulos seguintes.

Módulo II. Os elementos forçadores e os factores da dinâmica litoral⁽²⁾

Este módulo tem por objectivo mostrar a especificidade da dinâmica marinha litoral. Esta temática é iniciada na cadeira referida anteriormente, mas será agora desenvolvida. As ondas e as marés constituem os elementos forçadores naturais e que adquirem características particulares com a aproximação das terras emersas. As primeiras modificam-se em função da geomorfologia da plataforma continental e a sua importância é diversa consoante o ângulo de incidência na linha de costa e as características do seu traçado. Refere-se a sua importância na geração de correntes ao longo da linha de costa. As marés são também apresentadas, de acordo com a Teoria de Equilíbrio e a Teoria Dinâmica, bem como a sua diversidade, consequência do grau de confinamento das bacias oceânicas e as suas repercussões na génese e manutenção dos sistemas litorais. Engloba-se, ainda, neste ponto, a noção de *storm surge*, concluindo-se com uma síntese do papel do vento no domínio litoral.

Módulo III. Os sedimentos litorais

Este módulo constitui uma iniciação à sedimentologia dos depósitos litorais. Após a apresentação da diversidade das fontes de sedimentos, trata-se dos procedimentos desde a amostragem ao tratamento laboratorial das amostras com vista à sua caracterização textural. Inclui-se o cálculo dos parâmetros estatísticos baseados na repartição da amostra por calibres e sua relação com o tipo e características dos fluxos. São estudados os tipos estruturais dos depósitos litorais.

A Parte II – *Dinâmica dos Sistemas Litorais* – é dedicada a três sistemas particulares que podem ser estudados independentemente ou nas suas diferentes formas de associação: (i) sistema de praia, (ii) sistema de duna e (iii) sistema de arriba (ou sistema

de praia-duna, de praia-arriba, de praia-duna-arriba). Visa essencialmente pormenorizar a morfodinâmica destes sistemas e constituir uma base para o objecto de estudo da III Parte.

Módulo IV. O sistema praia

Estuda-se o “zonamento” morfodinâmico transversal da praia, com especial ênfase para os vários processos marinhos actuantes nas diferentes faixas em que se subdivide a praia e as microformas que originam. São tratadas algumas técnicas de estudo e monitorização das praias, no sentido de avaliar o seu estágio de equilíbrio morfodinâmico. Este módulo é complementado com o estudo dos sedimentos da praia.

Módulo V. O sistema duna

As dunas constituem por si só sistemas litorais que apenas estão dependentes indirectamente da acção do mar. O seu agente genético e modelador é o vento. Estudam-se os factores da mobilização eólica no domínio específico que é o litoral e os modos de transporte. O reconhecimento e monitorização de campo constituem também um objectivo deste módulo.

Módulo VI. As dinâmicas dos sistemas litorais de erosão

As arribas revelam troços litorais com escassez de sedimentos. São tratadas tendo em conta os factores condicionantes, na dependência das características geológicas, do clima de agitação marítima e da acção antrópica, e os factores desencadeantes da sua dinâmica. Os processos são agrupados em marinhos, continentais e biológicos.

A Parte III – *Ordenamento e gestão do litoral* – é uma iniciação a esta temática. Nos módulos anteriores estudam-se os sistemas referidos, o que permite a sua monitorização e aplicação ao ordenamento do território.

Módulo VII. O litoral no ordenamento do território

Analisa-se o conceito de litoral no ordenamento do território, comparando-o com o referido na Parte I e as implicações daí decorrentes. Em seguida discute-se a noção de litoral na legislação nacional. Introduce-se, neste módulo, a noção de gestão integrada da “zona” costeira (GIZC) e alguns exemplos, especialmente em litorais baixos e arenosos, nos Estados Unidos e na Europa, e em troços do litoral do Pacífico e Atlântico oriental.

A GIZC está ainda em fase incipiente em Portugal e o seu documento estratégico (a disponibilizar em 2006) será apresentado e discutido.

Este módulo conclui-se com a síntese da informação para o ordenamento do território, que passa pela constituição de um banco de dados e pela cartografia, em ambiente SIG, das susceptibilidades litorais.

3. COMPETÊNCIAS

- (i) Desenvolver com rigor o estudo dos sistemas litorais;
- (ii) Desenvolver o raciocínio indutivo e dedutivo;
- (iii) Capacidade de selecção das técnicas mais adequadas ao estudo de casos concretos;
- (iv) Desenvolver a capacidade de trabalho de grupo em geral e interdisciplinar em particular;
- (v) Desenvolver as capacidades de resolução de problemas concretos no caso do ordenamento do território, nomeadamente de acompanhamento (monitorização).

4. MÉTODOS DE ENSINO

O ensino comporta:

- (i) aulas expositivas, onde será apresentada a matéria teórica, com recurso a modelos, esquemas, quadros síntese e imagens, utilizando meios audiovisuais, nomeadamente *power point* e *data video*;
- (ii) aulas de campo, em que se pretende estimular e aperfeiçoar a capacidade de observação científica dos fenómenos naturais e antropogénicos;
- (iii) aulas de laboratório, considerado de uma forma ampla, incluindo tratamento sedimentológico de amostras recolhidas no campo, de imagens de teledeteção, e de aplicação de sistemas de informação geográfica.

5. AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA

A avaliação baseia-se:

- (i) na análise e discussão de documentos referentes às Partes I e III;

- (ii) relatórios curtos e sintéticos de campo e de trabalho de laboratório;
- (iii) trabalho final sobre um sistema litoral à escolha, que inclui levantamento de campo e tratamento de dados referentes aos elementos forçadores.

PROGRAMA

1. PLANO DO PROGRAMA

Parte I – Traços Gerais do Litoral: componentes e elementos forçadores

I. O litoral e os seus sistemas

1. O espaço litoral e o seu interesse

1.1. A discussão do conceito

1.2. Um espaço em *stress*

2. Os sistemas litorais tratados

2.1. Formas simples e compósitas

2.2. Traços gerais das formas litorais

2.3. A importância da concepção sistémica das formas litorais

2.4. Os sistemas escolhidos

II. Os elementos forçadores e os factores da dinâmica marinha litoral

1. As ondas

1.1. Génese e parâmetros de caracterização

1.2. Modificações com a aproximação à linha de costa

1.3. Tipologia das ondas na rebentação

1.4. Factores condicionantes da propagação

1.5. Sua importância na geração de correntes litorais

1.6. Tipos de Mar no litoral de Portugal continental

2. As marés

2.1. Causas das marés

2.1.1. A Teoria de Equilíbrio

2.2.2. A Teoria Dinâmica

2.2. Tipologias das marés

3. Sobrelevação do nível do mar origem meteorológica

4. O vento

III. Os sedimentos litorais

1. As fontes sedimentares
2. A amostragem e o tratamento laboratorial
3. Características texturais
4. Características estruturais

Parte II – Dinâmica dos sistemas litorais considerados

IV. O sistema praia

1. Morfodinâmica transversal da praia
 - 1.1. As grandes componentes e o seu significado
 - 1.2. A variação estacional
2. Os processos marinhos litorais
 - 2.1. Na praia submersa
 - 2.1.1. No domínio das ondas oscilatórias
 - 2.1.2. Na faixa de rebentação
 - 2.1.3. Na faixa de espraiamento
 - 2.2. Na faixa de ressaca
3. Os sedimentos da praia: calibre e disposição

V. O sistema duna

1. A dinâmica eólica
 - 1.1. Os factores da mobilização eólica
 - 1.2. O limiar repouso-movimento
 - 1.3. Modos de transporte
2. As formas dunares e a disposição das areias
 - 2.1. Dunas em cauda de cometa
 - 2.2. Domas
 - 2.3. Duna frontal
 - 2.4. Dunas transversais
 - 2.5. Dunas parabólicas
 - 2.6. Dunas longitudinais
 - 2.7. Os *blowouts*

3. As características texturais das areias dunares

VI. As dinâmicas dos sistemas litorais de erosão

1. A escassez de sedimentos
2. Os factores condicionantes da evolução das arribas
 - 2.1. Na dependência das características geológicas
 - 2.2. A importância do clima de agitação marítima
 - 2.3. A dinâmica continental
 - 2.4. A acção antrópica
3. Os principais processos e evolução e seus factores condicionantes
 - 3.1. Os processos marinhos
 - 3.2. Os processos continentais
 - 3.3. Os processos biológicos

Parte III – Ordenamento e gestão do litoral

VII. O litoral no ordenamento do território

1. O conceito de litoral em ordenamento
2. O litoral na legislação portuguesa
3. O conceito de ordenamento e gestão integrada
4. As opções de ordenamento e gestão em litorais baixos e arenosos
 - 4.1. A situação nos Estados Unidos
 - 4.2. A situação na Europa
1. A situação dos litorais rochosos
2. A importância da monitorização

VIII. A *GIZC* em Portugal

IX. A síntese da informação

Bibliografia

2. Planificação das aulas

Sessão n°	Matérias teóricas	Métodos e Técnicas de análise – Apoio ao trabalho prático	TL
1	I. O litoral e os seus sistemas Discussão dos conceitos de litoral e a situação de tensão em que se encontra. As formas litorais e os seus traços gerais; do holismo à concepção sistémica; sistemas litorais em estudo.	(i) análise de textos;	
2	II. Os elementos forçadores e os factores da dinâmica marinha litoral Génese e caracterização das ondas. Modificações das ondas com a aproximação à linha de costa; deriva litoral; as ondas na rebentação.	(ii) a análise de documentos de detecção remota (teledetecção) de campos de ondas e sua modificação com a aproximação à linha de costa e cálculo dos parâmetros das ondas;	
3	II. Os elementos forçadores e os factores da dinâmica marinha litoral Tipos de Mar em Portugal continental. As marés: suas causas (teoria de equilíbrio e teoria dinâmica).	(iii) a análise de situações sinópticas e sua correlação com o clima de agitação marítima (tipos de mar) no litoral de Portugal continental;	
4	II. Os elementos forçadores e os factores da dinâmica litoral Tipologias das marés. O <i>storm surge</i> ; o papel do vento no litoral. III. Os sedimentos litorais Iniciação aos conceitos básicos de sedimentologia.		
5	III. Os sedimentos litorais Características texturais e estruturais dos sedimentos litorais.	Iniciação ao tratamento laboratorial de amostras.	
6	IV. O sistema praia As componentes morfodinâmicas da praia e a sua variação estacional.		
7	IV. O sistema praia Os processos marinhos nas várias componentes da praia.		
8		Levantamento de campo na praia com elaboração do perfil, usando GPS, definição das várias componentes, recolha de amostras, instalação da régua de ondulação. Recolha de amostras.	
9	V.O sistema duna A dinâmica eólica e a diversidade morfológica. Características texturais e estruturais dos sedimentos eólicos. VI As dinâmicas dos sistemas litorais de erosão Factores condicionantes e desencadeantes da dinâmica das arribas.		
10		Levantamento de campo e avaliação do grau de vulnerabilidade biofísica das dunas através da aplicação de uma lista de controlo.	
11	VI As dinâmicas dos sistemas litorais de erosão Factores condicionantes e desencadeantes da dinâmica das arribas. Os processos marinhos, continentais e biológicos.	Tratamento da informação de campo e aplicação dos conhecimentos teóricos.	
12		Levantamento de campo dos processos de evolução de um troço litoral de arriba.	
13	VII. O litoral no ordenamento do território O conceito de litoral, incluindo na legislação nacional. O ordenamento e gestão integrada.	Análise de exemplos.	
14	VII. O litoral no ordenamento do território Exemplos de opções de ordenamento e gestão integrada. A gestão integrada para a zona costeira nacional.	Cartografia de susceptibilidades.	

TL – tratamento de amostras em laboratório

Nota: A carga semanal considerada é de 4h.

DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

PARTE I

TRAÇOS GERAIS DO LITORAL: COMPONENTES E ELEMENTOS FORÇADORES

I. O LITORAL E OS SEUS SISTEMAS

1. O espaço litoral e o seu interesse

1.1. A discussão do conceito

São abundantes e diversificadas as definições de litoral ou de “zona” costeira. Torna-se, por isso, imprescindível desde o início definir o espaço físico objecto de estudo.

As numerosas definições integram dois grandes conjuntos de trabalhos:

(i) os que estudam os processos morfodinâmicos litorais e (ii) os que têm preocupações de aplicação, nomeadamente no quadro do ordenamento do território (Anexo 1).

Para além dos objectivos que estes vários estudos encerram, a grande diferença reside nas balizas que delimitam esse espaço. Nos primeiros, os limites, rígidos ou progressivos, podem englobar espaços muito diversos, consoante a temática específica em estudo, enquanto nos segundos se pretende sempre impor balizas rígidas. Por outras palavras, no quadro do ordenamento do território, o litoral é concebido como um espaço com limites bem definidos, quer do lado das terras emersas quer das submersas. Neste contexto, pretende-se, geralmente, fixar um espaço que, por natureza, é diversificado e constantemente móvel em qualquer escala temporal considerada.³

O espaço litoral, objecto de estudo nesta disciplina, contempla a área na dependência directa ou indirecta da acção do mar na actualidade. Comporta, por isso, vários sistemas litorais como as praias, as dunas, os litorais de barreira, as arribas e as plataformas rochosas de sopé, bem como as formas relacionadas com a desembocadura dos cursos de água, estuários e deltas. É, portanto, uma área de largura variável, consoante a extensão dos sistemas em apressa, i.e., um litoral rochoso de arriba é, em geral, mais estreito do que um que possua uma praia a que se associa um campo dunar. No caso dos estuários, essa faixa pode estender-se muito para o interior dependendo da sua forma e da amplitude da maré (correntes de maré).

Importa salientar que, apesar de só se tratar a dinâmica actual, se engloba, na faixa litoral, uma área submersa de largura também variável, dependente fundamentalmente da morfologia (em especial declive) da plataforma continental próxima e das

³ Este tema será retomado no capítulo do Ordenamento do Território

características dos elementos forçadores, nomeadamente do clima de agitação marítima e da amplitude das marés. Nesta faixa submersa dão-se trocas sedimentares com a praia emersa (até à profundidade de fecho), pelo que o seu conhecimento constitui uma informação imprescindível.

Anexo 1 **Algumas definições de litoral**

Coastal zone The area where the ocean meets the land, which constitutes 10 percent of the ocean's area but contains 90 percent of all marine species.

www.environment.nelson.com/0176169040/glossary.html

Littoral zone: The shallow water region with light penetration to the bottom. Typically occupied by rooted plants.

<http://www.fao.org/fi/glossary/default.asp>

Coastal zone The area of land within 100 km the ocean and the area of ocean near the land. Coastal waters support critical habitat and nurseries for a vast number of important marine species.

www.cnre.org/pop/glossaries/ocean.htm

Coastal area: The part of the land affected by its proximity to the sea, and that part of the sea affected by its proximity to the land as the extent to which man's land-based activities have a measurable influence on water chemistry and marine ecology.

http://glossary.eea.eu.int/EEAGlossary/C/coastal_area

Loosely defined, the **coastal zone** includes both the area of land subject to marine influences and the area of the sea subject to land influences. A more rigorous definition divides the coastal zone into three main components: the sea, the beach, and the land behind the beach. The sea, or offshore area, extends from the low water mark seaward. This area covers the shallow marine habitats of the coast, such as the seagrasses, and the coral reefs among others. The beach zone extends from the low water mark to the seaward edge of the coastal vegetation. In some cases the base of a cliff or a dune may mark the end of this highly changeable environment. The last component of the coastal zone is the adjoining coastal land. This zone extends landward for some distance from the end of the beach. The definition of how long this distance is may vary according to each country. As with all environmental systems, there are no clearly defined and universally accepted boundaries to the coastal zone.

<http://www.cep.unep.org/issues/czm.php#coastal>

The **coastal zone** is viewed in its entirety as a special geographical area wherein its productive and natural defence functions are intimately linked with the physical and socioeconomic conditions far beyond its physical boundary (Chua, 1993: 91). The designated **coastal zone** includes all the intertidal and supratidal areas of the water's edge; specifically all the coastal floodplains, mangroves, marshes and tideflats as well as beaches and dunes and fringing coral reefs. This is the transition zone where government agency authority changes abruptly, where storms hit, where waterfront development locates, where boats make their landfalls, and where some of the richest aquatic habitat is found. It is the core of the coastal zone. It is also the place where terrestrial-type planning and management programs are at their weakest (Clark, 1996: 195).

http://www.globaloceans.org/story/icm_coast.html

Littoral zone: The strip of land along the shoreline between the high and low water levels.

www.nsc.org/ehc/glossary.htm

Coast: A strip of land of indefinite length and width (may be tens of kilometres) that extends from the Seashore inland to the first major change in terrain features.

<http://www.csc.noaa.gov/ptd/glossary.htm>

Coast: The geographical area of contact between the terrestrial and marine environments, a boundary area of undefined width, appreciably wider than the shore.

<http://www.fao.org/fi/glossary/default.asp>

The **coastal zone** is usually defined as the region lying between land and the shelf break, although sometimes a broader definition includes the continental slope and rise. The coastal zone is an important area of chemical exchange and reaction, between land and sea, between sea and air, and between sea and sediments. Not only does the coastal zone include the offshore areas shown below, but also estuaries and bays. In these typically more inshore areas the full salinity gradient, from freshwater to fully marine, is often realized. Within these waters many chemical changes can occur in response to the salinity gradient.

<http://bell.mma.edu/~jbouch/Glossary/coastalzone.html>

Anexo 1 (cont.)

“The **coastal zone** is the space in which terrestrial environment influence marine (...) environments and vice versa.” (...) It “is of variable width and may also change in time. Delimitation of zonal boundaries is not normally possible; more often such limits are marked by an environmental gradient or transition. At any one locality the CZ may be characterized according to physical, biological or cultural criteria. These need not, and in fact rarely, coincide” (Carter, 1988).

“**L’espace littoral** est la zone de contact entre la terre et la mer. (...) se subdivise en réalité et à plus grande échelle en étages différenciés par leur altitude et par l’importance relative prise dans chacun d’eux par les agents géodynamiques terrestres et marins» (Joly, 1997).

«**Domaine littoral**: lisière continentale sinueuse confinant à l’océan, où s’opèrent le contact et la transition, mobiles et provisoires, entre la terre ferme et la mer, plus précisément, entre hydrologies, les morphologies et les formes de vie et d’activité continentales et épicontinentales» (Vanney, 2002).

The term **littoral** will be used to denote the entire environment – the zone extending across the exposed beach into the water to a depth at which the sediments is less actively transported by surface waves. This is a rather imprecise definition since waves occasionally transport sediments at considerable depths, but in general we can take the depth limit for the littoral zone to be 10-20m (...). The coast (...) extends inland to include sea cliffs, dune field and estuaries (Komar, 1998: 45).

“**Litoral** é constituído pelas áreas emersas e submersas em que ocorrem trocas transversais entre as diferentes esferas que aqui se inter cruzam. (...) [É o] “Espaço directa ou indirectamente comandado pela dinâmica do mar (...), uma faixa em permanente mudança de posição, dependendo da escala temporal em análise” [É] 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 (Pereira, 2005).

“Littoral zone stretches between the seawards limits of land plants [cliff or dune field inland limit] and the region below sea-level where sediments is not disturbed by wave action during fair weather conditions – i.e. around 10 to 20m water depth at low tide”
Brown *et al.* (1989).

1.2. Um espaço em stress

O litoral tem vindo a atrair quer cientistas que dele se ocupam quer a população em geral, que o procura para viver ou para actividades várias, entre as quais se destacam as de turismo e lazer. A amenidade dos climas no litoral, os recursos naturais litorais, as infra-estruturas portuárias e as de apoio turístico, abundantes e de qualidade, têm feito afluir ao litoral, de forma permanente ou sazonal, uma população cada vez mais numerosa (fig. 1).

Uma retrospectiva feita pela UNEP, entre 1972-2002, evidencia bem este fenómeno. A Europa atrai 60% do turismo internacional, sendo o litoral mediterrâneo europeu o principal destino. Aí, o crescimento da procura turística é de cerca de 3,7% / ano, estimando-se um afluxo turístico de 235-353 milhões, em 2025.

Na América Latina e Caraíbas, 60 das 77 grandes cidades situam-se no litoral e 60% da população vive numa faixa de 100km de largura ao longo da linha de costa. O mesmo se pode dizer da América do Norte. Nos Estados Unidos, por exemplo, 55% da população vive no litoral, e tem um crescimento quatro vezes o da média nacional. Na Ásia

ocidental, a rápida urbanização é também evidenciada pelo forte investimento no litoral (cerca de US\$20–40 milhões / km de linha de costa).

Surgem então áreas de especial perigosidade aos fenómenos naturais que originam vulnerabilidade elevada e mesmo situações de risco. Como consequência, surgiram estruturas pesadas de defesa costeira, que em muito contribuíram para a descaracterização de vastos troços litorais. Novas formas de protecção têm vindo a surgir, mas a sua eficácia depende do conhecimento da dinâmica litoral que é muito variado.

O interesse crescente pelas dinâmicas físicas e biofísicas dos espaços litorais, traduzido em numerosas publicações (livros e revistas da especialidade), manifestado desde a década de 1950, deve-se fundamentalmente (i) à instalação maciça da população.

O litoral assistiu a um aumento exponencial de carga, em geral sem um ordenamento efectivo, (ii) ao desenvolvimento de actividades de recreio e lazer em espaços litorais, mas também (iii) à consciencialização da finitude de alguns recursos naturais e à (iv) descaracterização cénica de extensos troços litorais, às mudanças de uso do território litoral e à destruição dos sistemas costeiros que asseguram a protecção natural das terras emersas aos avanços do mar. Acresce ainda que o desordenamento litoral, muitas vezes associado ao desconhecimento das dinâmicas litorais, conduziu a situações de risco para as populações e bens imóveis. É neste quadro que surge o Ecoturismo e/ou Turismo Natureza, se procuram novas formas de utilizar os recursos naturais, nomeadamente com recurso a aquicultura em países onde esta actividade não era tradicional, se delimitam áreas de interdição à construção ou se estipulam usos para uma faixa do território litoral, de largura muitas vezes desadequada à sua dinâmica natural.

O sentimento crescente de que deveremos trabalhar com a Natureza e não contra ela e que só o conhecimento dos processos morfodinâmicos litorais permitirá optar pelas soluções de ordenamento litoral mais adequadas e sustentáveis justificam o conteúdo desta disciplina.

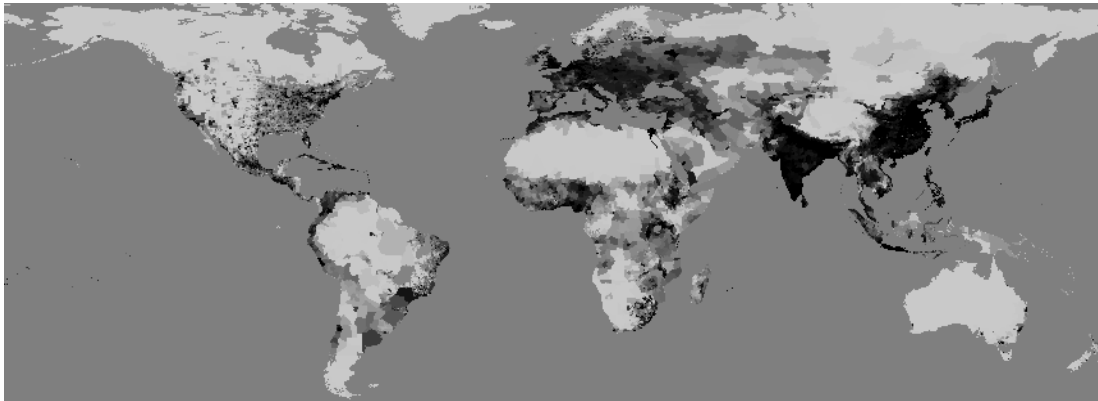


Fig. 1a - Densidade da população, em 1995. A intensidade da cor dá indicação da concentração da população.

Fonte: <http://www.ciesin.org/datasets/gpw/globldem.doc.html>

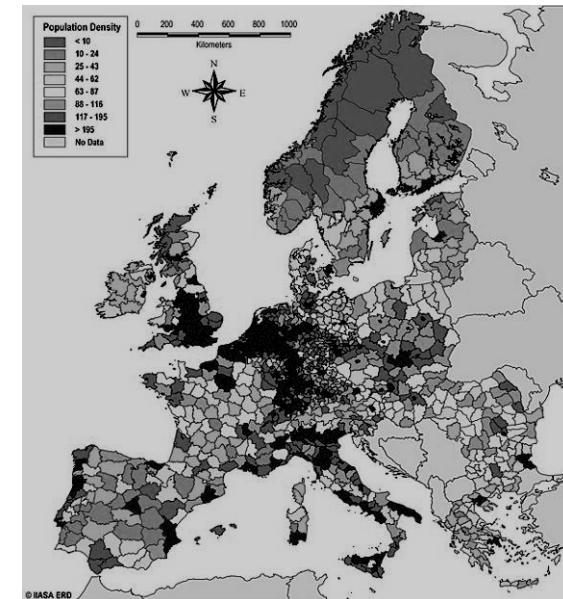


Fig. 1b - Densidade populacional na Europa, por Nuts 3 (2002).

Fonte: IIASA ERD project.

http://www.iiasa.ac.at/Research/ERD/DB/mapdb/map_9.htm

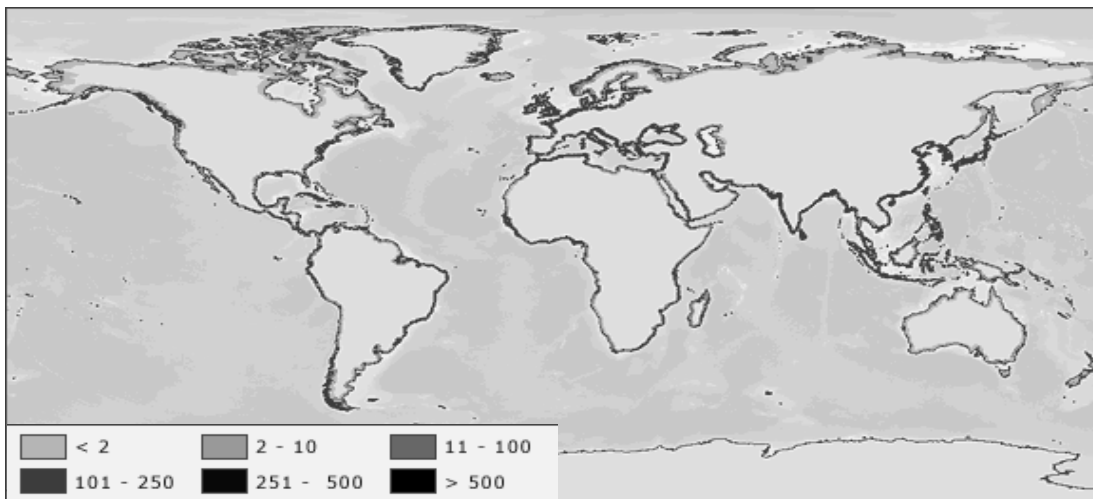


Fig. 1c - Densidade da população (hab./km²) numa faixa com de 100km de largura, ao longo da linha de costa (dados de 1995). A população que vivia nesta faixa correspondia a 39% da população mundial (2,2 bilhões). Fonte: World Resources Institute - PAGE, 2000.

http://earthtrends.wri.org/maps_spatial/index.php?theme=4

2. Os sistemas litorais tratados

2.1. Formas simples e compósitas

As formas litorais podem agrupar-se em:

- (i) formas de acreção ou de acumulação de sedimentos (fig. 2 e Anexo 2);
- (ii) formas de erosão.

Estes dois grandes conjuntos de formas, de erosão ou de acumulação, resultam da disponibilidade de sedimentos (capítulo III, da parte I).

Estas formas podem encontrar-se separadamente, mas mais frequentemente elas associam-se, embora, de uma forma geral, dominem os processos erosivos ou os de acumulação, criando tipos de litoral particulares. Estes são, muitas vezes, constituídos por formas compósitas, onde se combinam de diversas maneiras as formas simples. Dois outros tipos podem ainda ser considerados: (i) os litorais de recife barreira e de atol e (ii) os litorais artificiais, de que os *polders* constituem o exemplo (fig. 2).

2.2. Traços gerais das formas litorais








A apresentação dos traços morfológicos gerais das formas litorais, com recurso a vários exemplos no planeta, tem por objectivo mostrar o que as diferencia, mas também a sua repartição espacial no globo. Do ponto de vista morfológico, serão evidenciados os aspectos azonais e zonais de que estas formas se podem revestir, estes últimos na dependência do ambiente climático em que se inserem.

2.3. A importância da concepção sistémica das formas litorais

O holismo, definido em 1926 por Smuts, indica a tendência do Universo de construir unidades de complexidade crescente. Este conceito, utilizado inicialmente na ciência biológica, rapidamente foi transposto para outras ciências. A divisão morfodinâmica transversal da praia é disso um bom exemplo. A concepção sistémica mostra-nos também como as unidades menores se organizam em entidades mais complexas, mas em que o todo é dependente da manutenção das características das partes constituintes. O sistema praia-duna ou o sistema de hierarquia inferior – o sistema praia (capítulo IV deste Programa) ilustram bem esta concepção.

Discute-se, através de exemplos, a importância da abordagem holística e sistémica nos estudos de dinâmica litoral.

Anexo 2
Exemplos de sistemas litorais

	
<p align="center">Sistema de praia-duna no Baleal (Peniche)</p>	
	
<p>Pormenor do campo dunar no Baleal (Peniche)</p>	<p>Sistema de praia no Cabedelo (Porto)</p>
	
<p>Sistema de praia (de calhau) e arriba (Islândia)</p>	<p>Sistema de barreira, com arriba fóssil, laguna colmatada, sistema dunar e praia (Salgados, Nazaré)</p>
	
<p align="center">Sistema de arribas, Algarve meridional e Alentejo</p>	

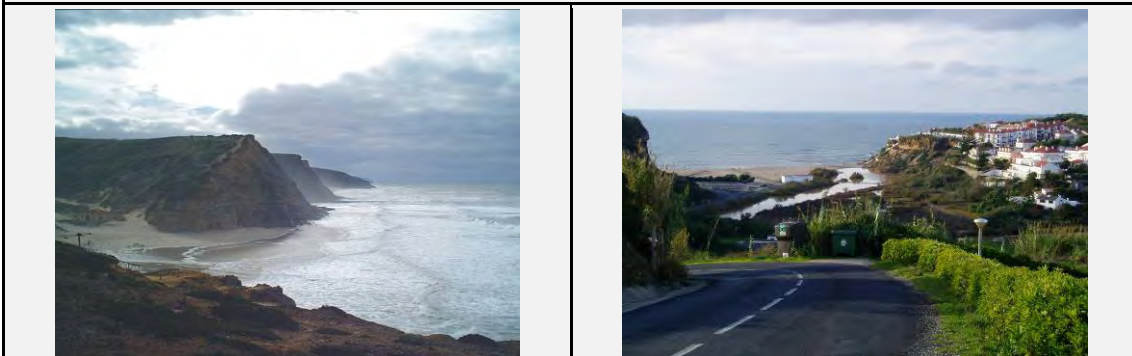
Anexo 2 (cont.)
Exemplos de sistemas litorais



Sistema de praia-arriba e pequeno tómbolo gerado por um ilhéu (Castelejo, Algarve ocidental)



Sistema de barreira de Alvor



Praias de estuário, Magoito e S. Lourenço, Estremadura

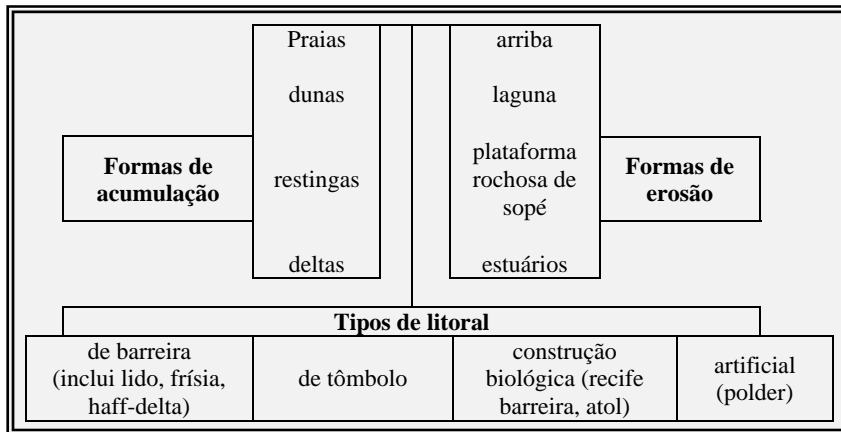


Fig. 2 – As formas litorais.

2.4. Os sistemas escolhidos

Tendo em conta os objectivos desta disciplina, serão privilegiados os sistemas de praia, de duna e de arriba. Apresenta-se a sua repartição espacial no planeta e no território português.

II. OS ELEMENTOS FORÇADORES E OS FACTORES DA DINÂMICA LITORAL

No litoral, os elementos forçadores são as ondas e as marés e todos os fluxos por elas gerados, como correntes longilitorais ou de deriva, correntes de maré. O vento é também o elemento climático gerador e modelador das dunas.

Para além da diversidade de sistemas litorais, rochosos ou arenosos, que reagem diferentemente aos elementos forçadores, estes últimos são espacialmente diversos: (i) as ondas, resultado da interacção oceano-atmosfera, tem alturas, comprimentos de onda e energias variáveis à escala do globo, mas também variáveis no mesmo local como consequência das modificações do gradiente barométrico no varrido (*fetch*), que tem uma variação estacional; (ii) as marés têm amplitudes e períodos distintos nos diferentes lugares do globo, função do sistema anfidrómico que se estabelece nas diferentes bacias oceânicas. Acresce ainda que os litorais, especialmente nas fachadas orientais dos continentes, são afectados por temporais, a que se associa muitas vezes sobrelevação do mar de natureza meteorológica (*storm surge*).

Esta temática constitui o tema deste capítulo.

1. As ondas

1.1. Génese e parâmetros de caracterização

As ondas constituem deformações da superfície oceânica resultantes da interacção oceano-atmosfera. Com efeito, são o resultado do contacto de fluidos dinâmicos. Por comodidade de explicação, considera-se a superfície oceânica estática, actuada por ventos, tanto mais fortes quanto maior for o gradiente barométrico. A energia eólica é transferida para a superfície oceânica, assegurando a energia causadora da mudança de posição das partículas de água e originando a sua deformação. A coluna de água oceânica afectada por essa deformação é tanto mais espessa quanto maior for a energia

do elemento forçador – neste caso o vento. Em episódios de tempestade, com forte gradiente barométrico, a espessura de água afectada parece poder atingir 150m; o mesmo é dizer que atinge toda a coluna de água sobre a plataforma continental do território do continente.

A alternância *deslocação – restauração* da posição de equilíbrio das partículas de água, resultante do impacto das partículas de ar, confere uma característica oscilatória ao movimento da onda (sinusoidal), muitas vezes chamado *movimento harmónico simples*. No mar alto, a energia das ondas decompõe-se em: (i) em energia cinética (inerente ao movimento orbital das partículas de água) e (ii) em energia potencial das partículas, quando deslocadas da sua posição de equilíbrio.

Estas ondas geradas pelo vento (fig. 3) são também designadas ondas de gravidade (Komar, 1998, p.139), distinguindo-se das de capilaridade por terem maior período e comprimento de onda e das ondas de infragravidade que resultam da interacção entre ondas e são de grande importância junto à linha de costa, influenciando a geração de correntes, controlando a altura atingida pela corrente de afluxo na praia e influenciando a micromorfologia da praia emersa e submersa.

Os parâmetros de caracterização das ondas estão contidos no Anexo 3.

Serão apresentados os traços gerais das teorias das ondas: a teoria linear de Airy e de Stokes, aplicáveis a águas profundas e pouco profundas, respectivamente.

1.2. Modificações com a aproximação à linha de costa

A forma das ondas, o seu comprimento de onda, a sua velocidade e a sua direcção de propagação transformam-se com a aproximação à linha de costa porque a espessura da coluna de água oceânica (H) vai diminuindo nesse sentido.

A onda oscilatória sofre refacção, que se traduz na diminuição do comprimento de onda e, quando as ondas incidem obliquamente à linha de costa, na mudança da direcção de propagação. Esta faixa de transformação da onda ocorre quando a espessura da coluna de água está compreendida entre $1/2$ e $1/20$ do comprimento de onda. Quando a profundidade é ainda inferior, a onda rebenta e ocorre transporte de água para terra, ao contrário do que sucede na onda oscilatória onde apenas há transferência de energia (fig. 4).

São também apresentadas outras formas de deflecção das ondas: a difracção e a reflexão.

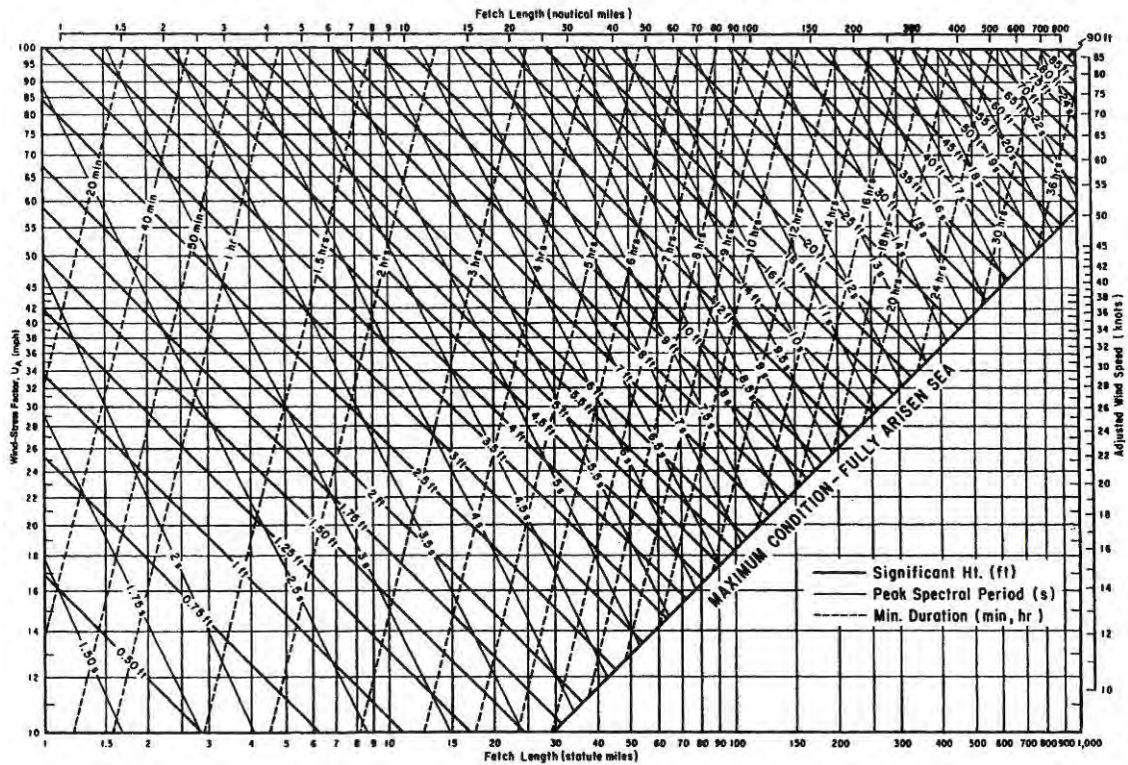


Fig. 3 - Nomograma para a altura significativa e o período de ondas em função do factor de tensão de vento (*wind-stress factor* - U_A = a força por unidade de área exercida pelo vento na superfície oceânica expressa em unidade de velocidade (m/s), correspondente a $U_A = 0,71U^{1,23}$ em que U é a velocidade medida ou estimada do vento) e do varrido. Extraído de CERC (1984) Shore Protection Manual, US Army Corps of Engineers, em Komar, 1998, p.154.

Onda oscilatória		Onda translacional
Propagação sem constrangimentos	Faixa de transformação da onda (refracção)	Faixa de rebentação
Águas profundas	Águas pouco profundas	Águas muito pouco profundas
$H > C/2$	$C/2 > H > C/20$	$H < C/20$
$\tanh \frac{(2\pi H)}{C} = 1$ $v = \sqrt{\frac{gC}{2\pi}}$	$v = \sqrt{\frac{gC}{2\pi} \tanh \frac{(2\pi H)}{C}}$	$v = \sqrt{gH}$ <p>em que: C = comprimento de onda; H = altura da coluna de água; g = aceleração da gravidade; tanh = tangente hiperbólica.</p>

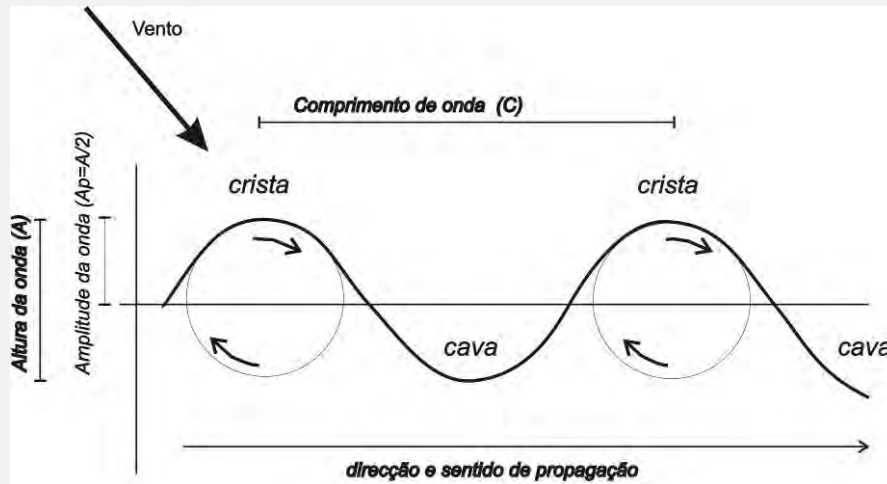
Fig. 4 - A transformação da onda oscilatória em translacional.

Anexo 3 Alguns parâmetros de caracterização das ondas

Comprimento de onda (C) corresponde à distância que separa duas cristas ou duas cavas consecutivas. Exprime-se em metros.

Altura da onda (A) corresponde ao diâmetro orbital da circunferência descrita pelas partículas de água ; é a distância, na vertical, entre a crista e a cava. Exprime-se em metros.

Amplitude da onda (Ap) corresponde à elevação da crista relativamente ao nível geral do mar; é metade de A. Exprime-se em metros.



Altura significativa ($A_{1/3}$), que corresponde à altura média de um terço das ondas mais altas que ocorrem num determinado período de tempo. Exprime-se em metros.

Altura máxima (A_{max}) corresponde ao valor extremo alcançado, num determinado espaço de tempo. Exprime-se em metros.

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.

Frequência (F) é o número de cristas ou de cavas que passa num determinado local por unidade de tempo (por segundo).

Direção de propagação que é perpendicular às cristas ou às cavas (a designada *ortogonal da onda*).

Sentido é o da deslocação das cristas ou das cavas.

Velocidade (V) de propagação é a razão entre o comprimento de onda e o seu período $V = C/T$

Energia (E) contida numa onda é proporcional ao quadrado da altura da onda (A) e pode expressar-se:

$$E = 1/8 (r g A^2)$$

em que r = densidade da água ($\text{kgm}^{-3} \approx 1,03 \times 10^3 \text{ kgm}^{-3}$) e, g = aceleração da gravidade ($9,8 \text{ m s}^{-2}$); exprime-se em Jm^{-2} .

Campo de onda corresponde ao conjunto de ondas com diferentes tamanhos, geradas no varrido (espectro de onda).

1.3 Tipologias das ondas na rebentação

Dependendo das suas características, nomeadamente da sua altura e comprimento de onda, as ondas oscilatórias quando atingem, na aproximação à linha de costa, uma coluna de água com espessura inferior a 1/20 do seu comprimento de onda, rebentam. A forma como rebentam depende da morfologia, regular ou irregular e do declive da superfície sobre a qual a onda progride. Assim, consideram-se: ondas progressivas ou transbordantes (*spilling breakers*), mergulhantes (*plunging breakers*), de colapso (*collapsing breakers*), e arfantes ou de fundo (*surging breakers*). As ondas progressivas tendem a ocorrer em praias com declive muito baixo e ondas com curvatura acentuada; as ondas mergulhantes em praias de declive elevado e curvatura de onda intermédia, e as ondas de colapso e de fundo, com declive muito acentuado e curvatura baixa.

1.4. Factores condicionantes da propagação

Neste ponto, sintetizam-se os factores que interferem na propagação das ondas: (i) o declive da plataforma continental, que determina a espessura da coluna de água; (ii) o seu grau de rugosidade e (iii) a orientação do traçado da linha de costa face à incidência dominante das ondas. Apresentam-se exemplos com base em fotografia aérea e documentação cartográfica.

1.5. Sua importância na geração de correntes litorais

Para o estudo em apressa, a dinâmica litoral, importa salientar a *corrente de deriva litoral* ou *corrente longilitoral*. Esta ocorre quando a incidência da ondulação é oblíqua à linha de costa. A desigual refração a que uma mesma onda é submetida por atravessar, ao mesmo tempo, colunas de água com diferentes espessuras quando se aproxima da linha de costa origina uma corrente ao longo do litoral (fig. 5). Esta corrente é de grande importância, porque assegura o transporte de sedimentos ao longo do litoral.

A sua velocidade é proporcional à velocidade das ondas na rebentação e ao ângulo formado pela direcção de propagação das ondas com a linha de costa e pode exprimir-se:

$$v = 20,7 \text{ m (gAb)}^{1/2} \text{ sen } 2ab \quad \text{em que:}$$

m = declive da praia

g = aceleração da gravidade

Ab = altura da onda na rebentação

ab= ângulo entre a crista da rebentação e a linha de costa.

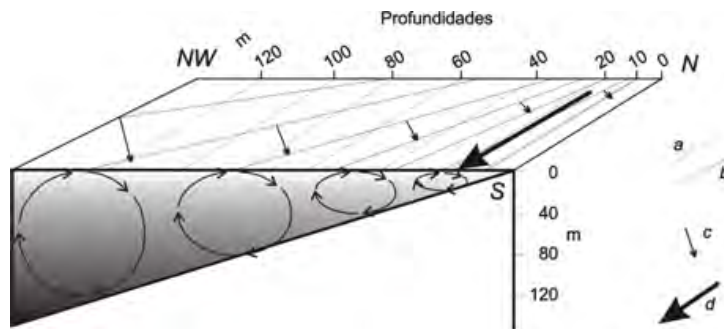
O cálculo do sedimento transportado pela corrente de deriva litoral pode exprimir-se pela “CERC” fórmula (1998):

$$Q_l = K \frac{\rho V g}{16k^{1/2}(\rho_s - \rho)(1-n) H_b^{5/2} \sin 2\alpha_b} \quad (\text{Eq. 1})$$

em que:

Q_l corresponde ao volume transportado por deriva litoral; ρ é densidade da água; ρ_s a densidade dos sedimentos (2650kg/m³, no caso de ser predominantemente quartzo); g é a aceleração da gravidade; n porosidade do sedimento (0,4); K expressa a relação entre a altura da onda na rebentação e a profundidade (altura da coluna de água) e é variável; k é um coeficiente empírico (adoptado 0,39); H_b altura da onda na rebentação; α_b ângulo de da onda de rebentação com a linha de costa.

Fig. 5 - A corrente de deriva litoral (d); a – linhas batimétricas; b – cristas das ondas; c – ortogonal da onda. Extraído de Pereira (2001).



1.5. Tipos de Mar no litoral de Portugal continental

A ondulação gerada no varrido, denominada de geração longínqua, origina diversos tipos de Mar (Anexo 4). Estabelece-se a relação entre os diversos tipos e a posição dos organismos isobáricos.

Refere-se a ondulação de geração local na sequência da Nortada.

2. As marés

As marés são as ondas oceânicas de maior comprimento de onda. São também elas as responsáveis pela variação periódica do nível do mar no mais curto espaço de tempo.

2.1. Causas das marés

2.1.1. A Teoria de Equilíbrio

As marés foram cientificamente explicadas pela *Teoria de Equilíbrio*, derivada da Lei de Newton, que aqui é apresentada (fig. 6).

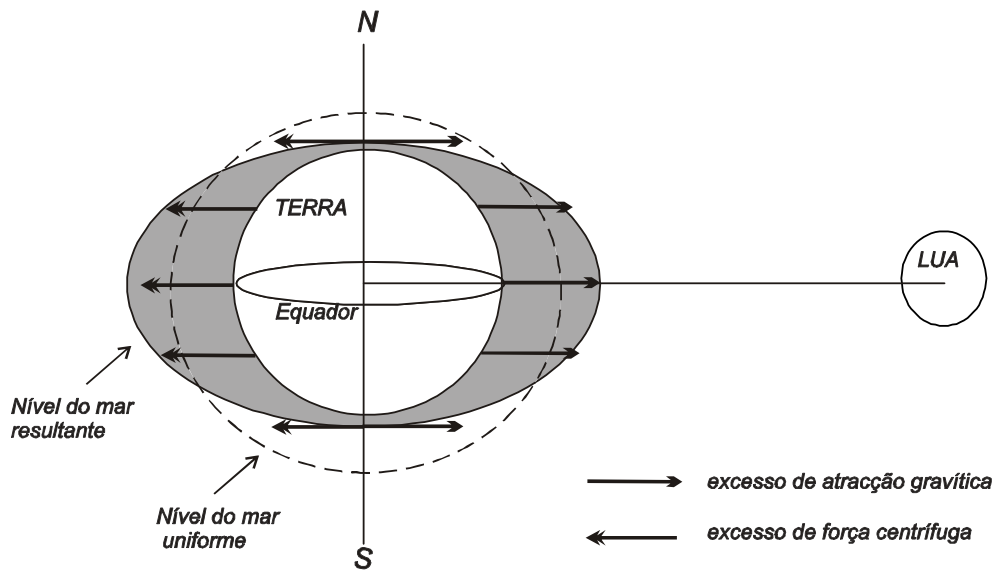


Fig. 6 - Distorção da superfície do fluido pelas força gravítica e centrífuga (Pereira, 2001).

O sistema de massa Terra-Lua e a geração das marés.

O atraso diário da maré. Marés vivas e marés mortas (fig. 7 e 8). Marés equinociais.

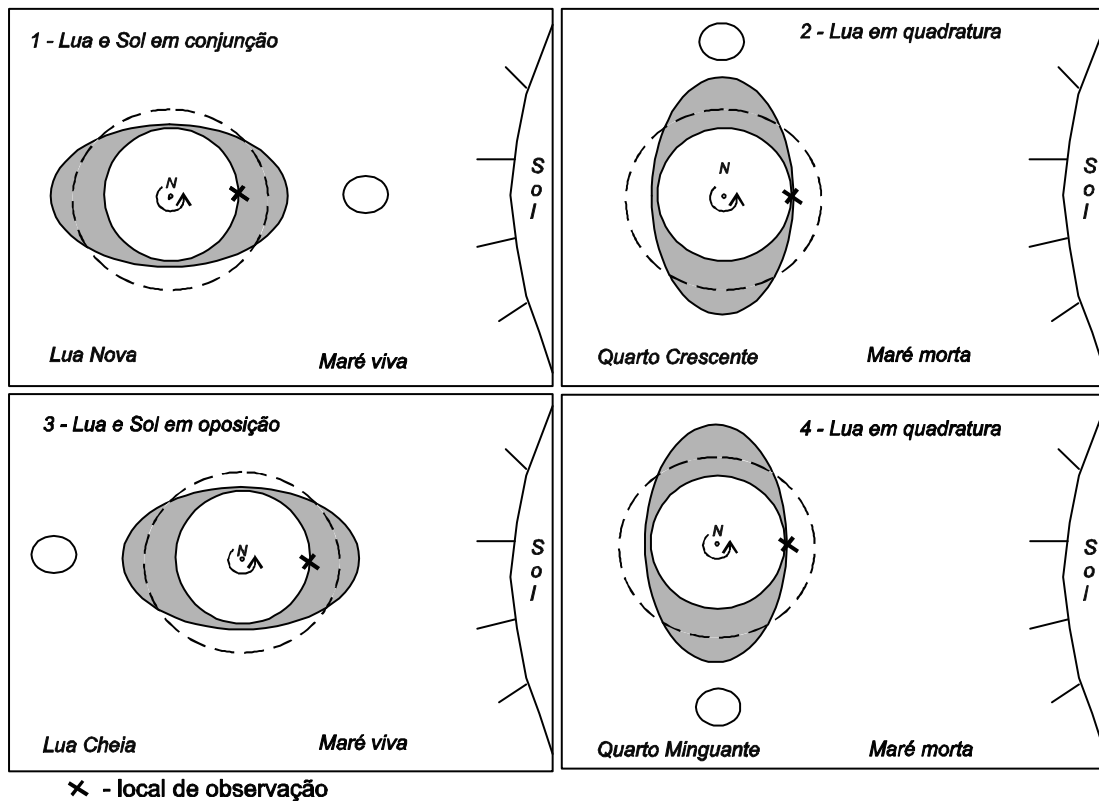


Fig. 7 - A posição relativa da Terra e da Lua nas marés mortas e vivas de um ciclo lunar (Pereira, 2001).

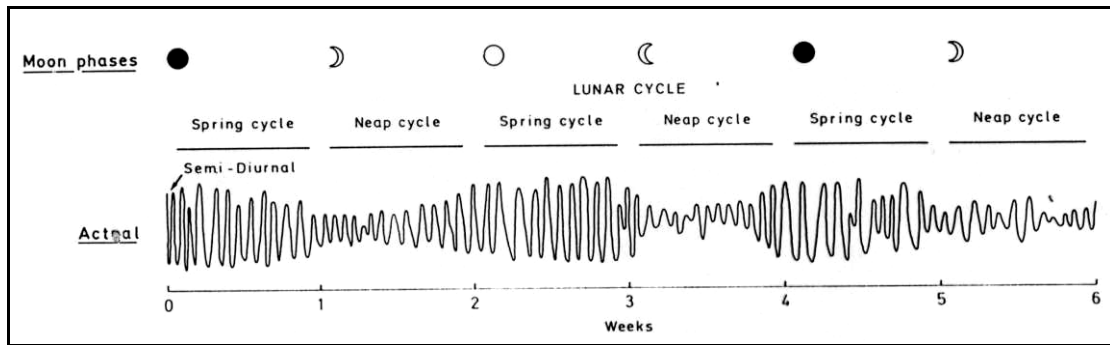


Fig. 8 - Relação entre as fases da Lua e as marés vivas e mortas, numa maré semi-diurna. Extraído de Carter, 1988, p. 154.

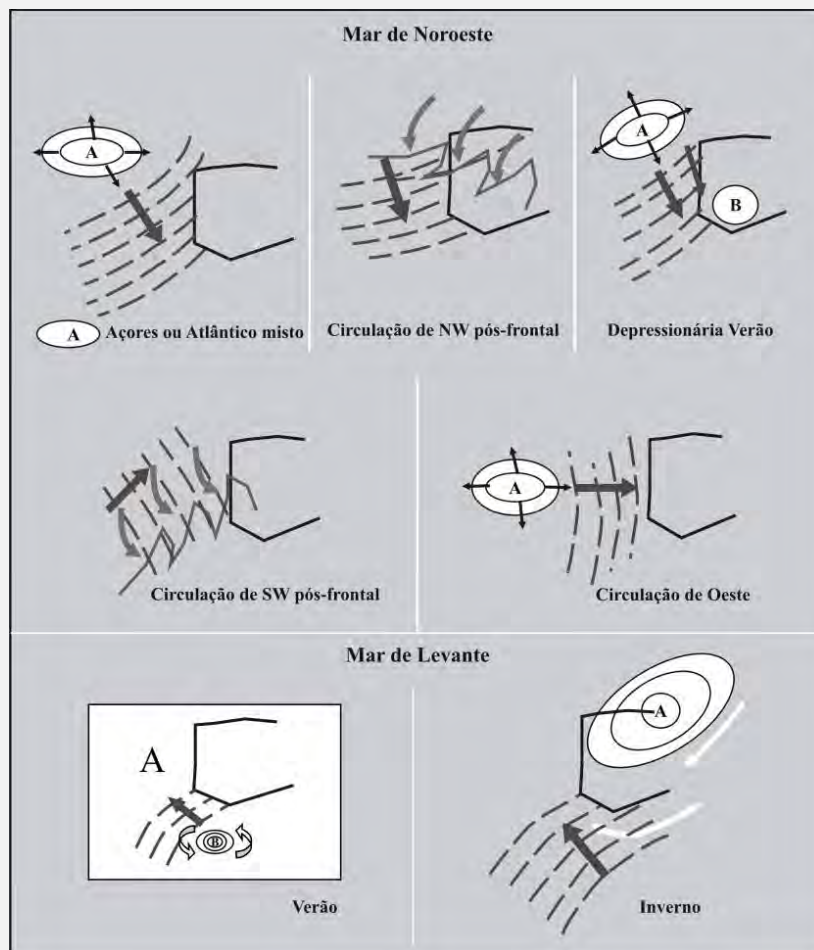
Anexo 4

Tipos de Mar (ondulação de geração longínqua e ondulação de geração local).

Devido à situação de abrigo face à ondulação dominante, não é considerado o troço entre o Cabo Raso e o Cabo Espichel.

Mar de NW: ondulação gerada no bordo E do anticiclone dos Açores ou Atlântico misto, situado a NW da Península, ou gerada na sequência da circulação de NW pós-frontal ou depressionária. No Verão, ocorre em circulação geral anticiclónica e/ou associada à Nortada. **Mar de SW:** associado a depressões a SW da Península e a superfícies frontais de trajectória SW-NE. **Mar de W:** associado à circulação zonal a baixas latitudes (Península). **Mar de fora:** ocorre quando o vento é fraco, na costa W, ou é de terra, não havendo geração local de ondas. Existe no Verão quando não há Nortada e no Inverno quando existe um anticiclone de bloqueio. **Mar banzeiro:** ocorre quando o vento é fraco, na costa W, ou é de terra, mas não há geração distante de ondulação.

Fonte: H. OLIVEIRA PIRES (1989) e Roteiro da Costa de Portugal (1990).



2.1.2. A Teoria Dinâmica

A Teoria de Equilíbrio não explica cabalmente 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.

A *Teoria Dinâmica* das marés, desenvolvida por Laplace, tenta contemplar um conjunto muito mais vasto de factores que determina as marés nos diversos litorais do mundo.

É explicado o *sistema anfidrómico*, no qual a crista da onda de maré, em maré cheia, circula ao contrário dos ponteiros do relógio, em torno de um ponto - o *ponto anfidrómico* (em cada período de maré) ou *nodal*, bem como as *isolinhas de maré* (*co-tidal lines*) e as *isolinhas de amplitude de maré* (*co-range lines*).

2.2. Tipologias das marés

Apresentam-se diversas tipologias das marés: com base nas diferentes velocidades lineares da superfície terrestre relativamente à Lua (marés directas e indirectas); segundo o período dominante (*semi-diurna, diurna e mista*; fig. 9 e Anexo 5); e consoante a amplitude (*micro, meso e macromaré*). Repartição dos diferentes tipos de maré no globo.

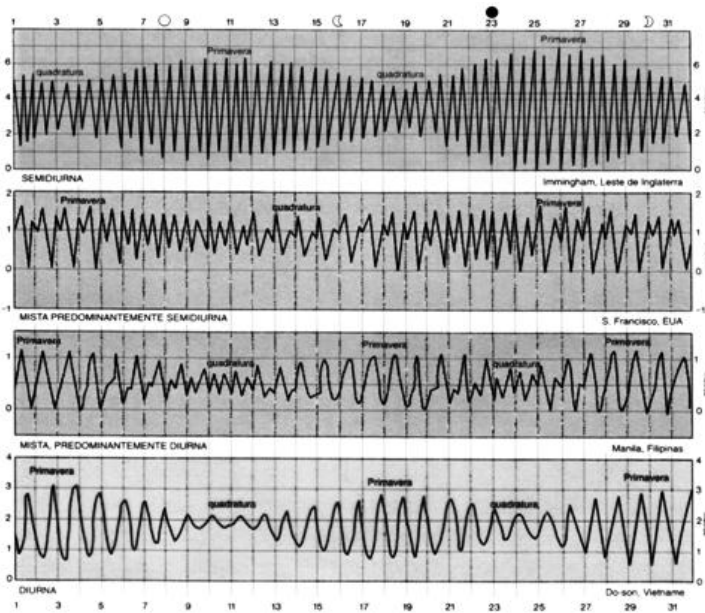
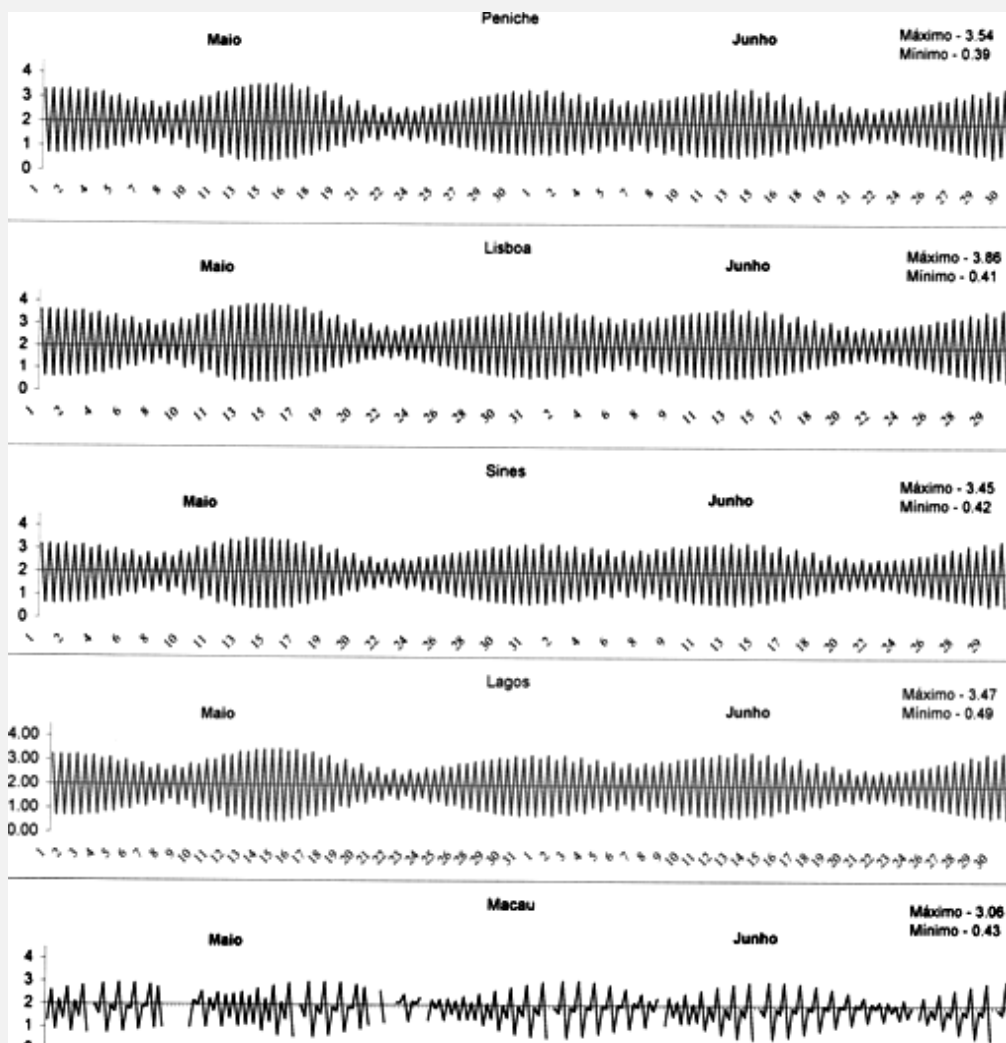


Fig. 9 - Maregramas de registos de diferentes tipos de maré quanto ao período. Fonte: Moreira, 1989.

Anexo 5 Exemplos de maregramas de estações maregráficas do Continente e de Macau



3. Sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica

Este fenómeno, vulgarmente conhecido por *storm surge*, corresponde a uma subida anormal do nível médio das águas do mar. Mede-se pela diferença entre o nível da maré prevista e o nível alcançado pelo mar. Pode resultar da acção individual ou combinada de: (i) efeito barométrico inverso (0,01m por cada hPa; fig. 10); (ii) intumescência da água devido à acção de ventos fortes (depende não apenas da intensidade, mas também do período de tempo de actuação no varrido, da densidade e da estratificação da coluna de água); (iii) ressonância de ondas de longo período, (iv) acumulação de água junto a costa derivada de ondas de curto período (fig. 10).

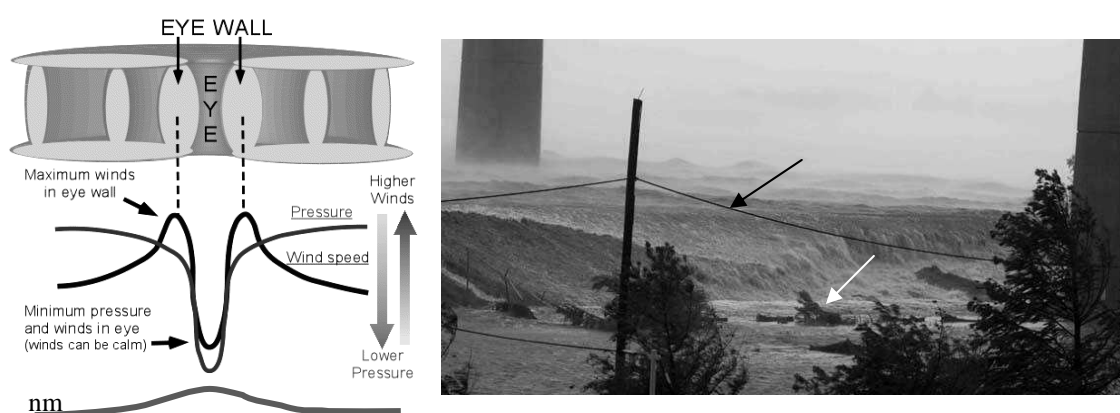


Fig. 10 - O mecanismo de geração de *storm surge* e a sobrelevação do nível do mar (nm), baseado em <http://www.usatoday.com>, e consequências do storm surge ocasionado pelo furacão Katrina em Agosto de 2005. A seta a negra identifica a posição do dique de protecção e a seta a branco a posição de um antigo convento. Foi extraída de <http://hurricanetraek.com/surge.html>.

4. O vento

O vento é um agente fundamental no litoral, para além do seu papel como elemento forçador da ondulação.

Na área emersa, o vento é também um importante agente de erosão das praias, por estas se constituírem como superfícies de deflação. O vento é o agente mobilizador, de transporte e de deposição das areias que constituem as dunas. Pode-se dizer que é ele o agente gerador e modelador das dunas, que no litoral estão associadas à presença de vegetação. A velocidade do vento é a componente principal (ver Parte II, V. O sistema duna).

III. OS SEDIMENTOS LITORAIS

1. As fontes sedimentares

Os sedimentos litorais têm diversas proveniências (fig. 11) que se traduzem em sedimentos com características muito diferentes quer quanto à sua composição, lítica (também diversificada) ou biológica, quer quanto ao calibre dos elementos constituintes, que resultam das características da fonte ou fontes de alimentação e também das características dos elementos forçadores.

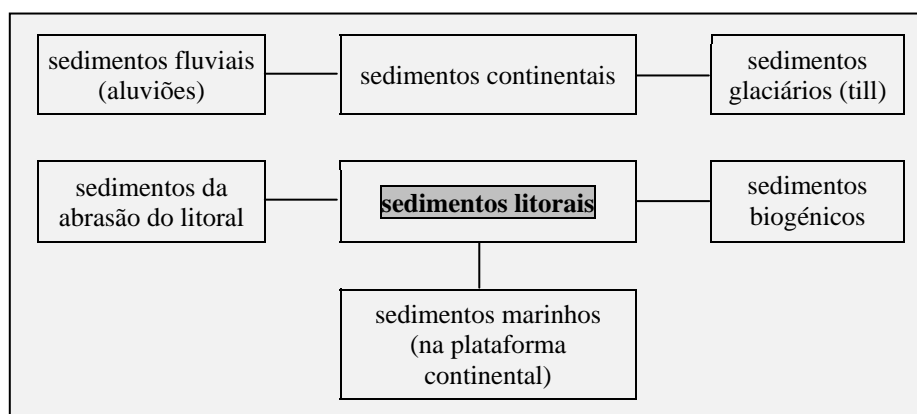


Fig. 11 – As fontes dos sedimentos litorais.

2. A amostragem e o tratamento laboratorial

Este ponto do Programa visa apresentar uma introdução à recolha e tratamento laboratorial básico de sedimentos de praia e de duna. Incorpora, por isso, trabalho de campo e de laboratório. São apresentadas as precauções a ter na recolha deste tipo de sedimentos no campo. Em seguida são indicados os procedimentos laboratoriais a seguir com vista à determinação da composição fundamental dos sedimentos (grãos de quartzo, de minerais pesados, fragmentos de conchas, matéria orgânica, silt, minerais de argila) das amostras arenosas, desde: (i) a entrada das amostras, com especificação da localização, objectivo e tipo de tratamento a realizar; (ii) secagem; (iii) determinação do peso inicial; (iv) separação das fracções carbonatada da arenosa e da silto-argilosa e (v) crivagem das areias (Anexo 6).

Cálculo dos parâmetros estatísticos pelo método dos momentos e análise interparâmetros.

Anexo 6
Designação dos elementos detríticos de acordo com a escala de Wentworth,
correspondência com a escala ϕ e as malhas dos respectivos crivos

	largura	designação		
		inglesa	portuguesa	
em milímetros	>256	<i>boulder</i>	bloco	feroclastos
	256 — 64	<i>cobble</i>	burgau	
	64 — 8	<i>pebble</i>	seixo	
	8 — 2	<i>granule</i>	areão	
	2 — 1	<i>very coarse sand</i>	areia muito grosseira	areia
	1 — 0,5	<i>coarse sand</i>	areia grosseira	
	0,5 — 0,25	<i>medium sand</i>	areia média	
	0,25 — 0,125	<i>fine sand</i>	areia fina	
	0,125 — 0,063	<i>very fine sand</i>	areia muito fina	
em micra (μm)	63 — 31	<i>coarse silt</i>	limo grosseiro	limo
	31 — 15,6	<i>medium silt</i>	limo médio	
	15,6 — 7,8	<i>fine silt</i>	limo fino	
	7,8 — 3,9	<i>very fine silt</i>	limo muito fino	
	3,9 — 2,0	<i>coarse clay</i>	argila grosseira	argila
	2,0 — 1,0	<i>medium clay</i>	argila média	
	1,0 — 0,5	<i>fine clay</i>	argila fina	
	0,5 — 0,25	<i>very fine clay</i>	argila muito fina	
	0,25 — 0,13	<i>colloids</i>	colóides	

CORRESPONDÊNCIA ENTRE A ESCALA $\sqrt[4]{2}$ E AS MALHAS DOS RESPECTIVOS CRIVOS (ASIM)

escala $\sqrt[4]{2}$ (mm)	escala ϕ	n.º da malha
4,000	-2	5
3,364	-1,75	6
2,828	-1,5	7
2,378	-1,25	8
2,000	-1	10
1,682	-0,75	12
1,414	-0,5	14
1,189	-0,25	16
1,000	0	18
0,841	0,25	20
0,707	0,50	25
0,595	0,75	30
0,500	1	35
0,420	1,25	40
0,354	1,50	45
0,297	1,75	50
0,250	2	60
0,210	2,25	70
0,177	2,5	80
0,149	2,75	100
0,125	3	120
0,105	3,25	140
0,088	3,5	170
0,074	3,75	200
0,062	4	230
0,053	4,25	270
0,044	4,5	325
0,037	4,75	400

Extraído de G. Carvalho, 2005.

3. Características texturais

A dimensão média dos sedimentos de praia é controlada pela fonte sedimentar, pela energia das ondas e pelo declive da plataforma continental interna adjacente à praia.

O tratamento laboratorial efectuado permite caracterizar a composição fundamental dos sedimentos (grãos de quartzo, de minerais pesados, fragmentos de conchas, matéria orgânica, silt, minerais de argila). A variação dos diversos parâmetros calculados permite identificar o agente de transporte e as suas características e a fonte de alimentação (fig. 12). Em casos concretos, se necessário, recorrer-se-á também ao reconhecimento dos elementos constituintes através da sua observação à lupa binocular.

O tratamento laboratorial efectuado permite caracterizar a composição fundamental dos sedimentos (grãos de quartzo, de minerais pesados, fragmentos de conchas, matéria orgânica, silt, minerais de argila). A variação dos diversos parâmetros calculados permite identificar o agente de transporte e as suas características e a fonte de alimentação (fig. 12).

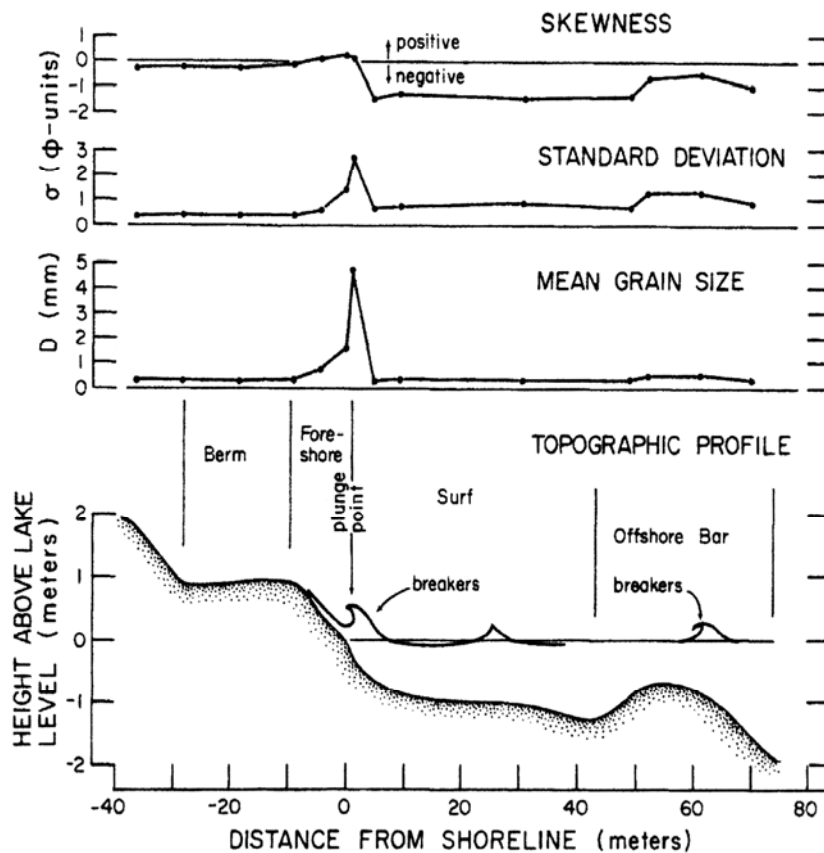


Fig. 12 - Variação transversal dos parâmetros de caracterização da distribuição do calibre dos grãos de areia (dimensão média, desvio-padrão e assimetria) numa praia do Lago Michigan, condicionada pela energia das ondas e a turbulência. Extraído de Komar (1998), p.54.

4. Características estruturais

A estrutura, ao definir a forma como se dispõem os elementos constituintes dos sedimentos, dá-nos indicações sobre o agente de transporte e as suas características (nomeadamente o tipo de fluxo e capacidade energética). São apresentados os vários tipos de estruturas sedimentares básicas (Anexo 7) e a sua ocorrência nos sedimentos dos sistemas litorais de praia e de duna (fig. 13 e 14).

Anexo 7 Elementos da estrutura de depósitos arenosos e seus diferentes

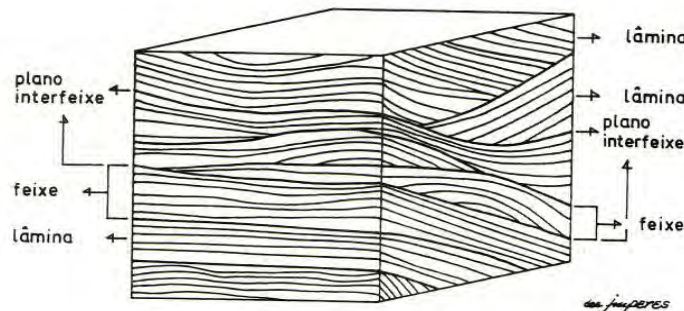
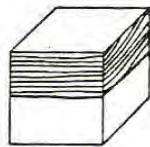
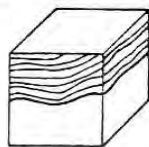


Fig. 5 - Elementos que compõem a estratificação entrecruzada (J.R.L.ALLEN, 1984, p.347).

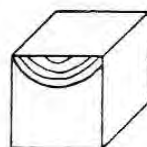
LIMITE INFERIOR DO FEIXE



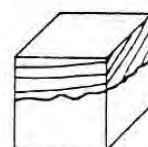
plano



curvo

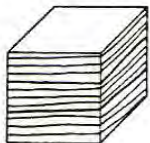


arqueado

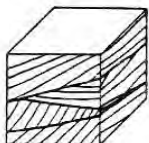


irregular

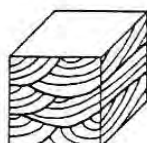
ARRANJO DOS FEIXES



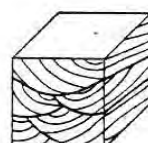
tabular
(planar)



em cunha
(planar)



em grinalda
(concordante)



em grinalda
(discordante)

TIPO DE LAMINAÇÃO



angular



convexa



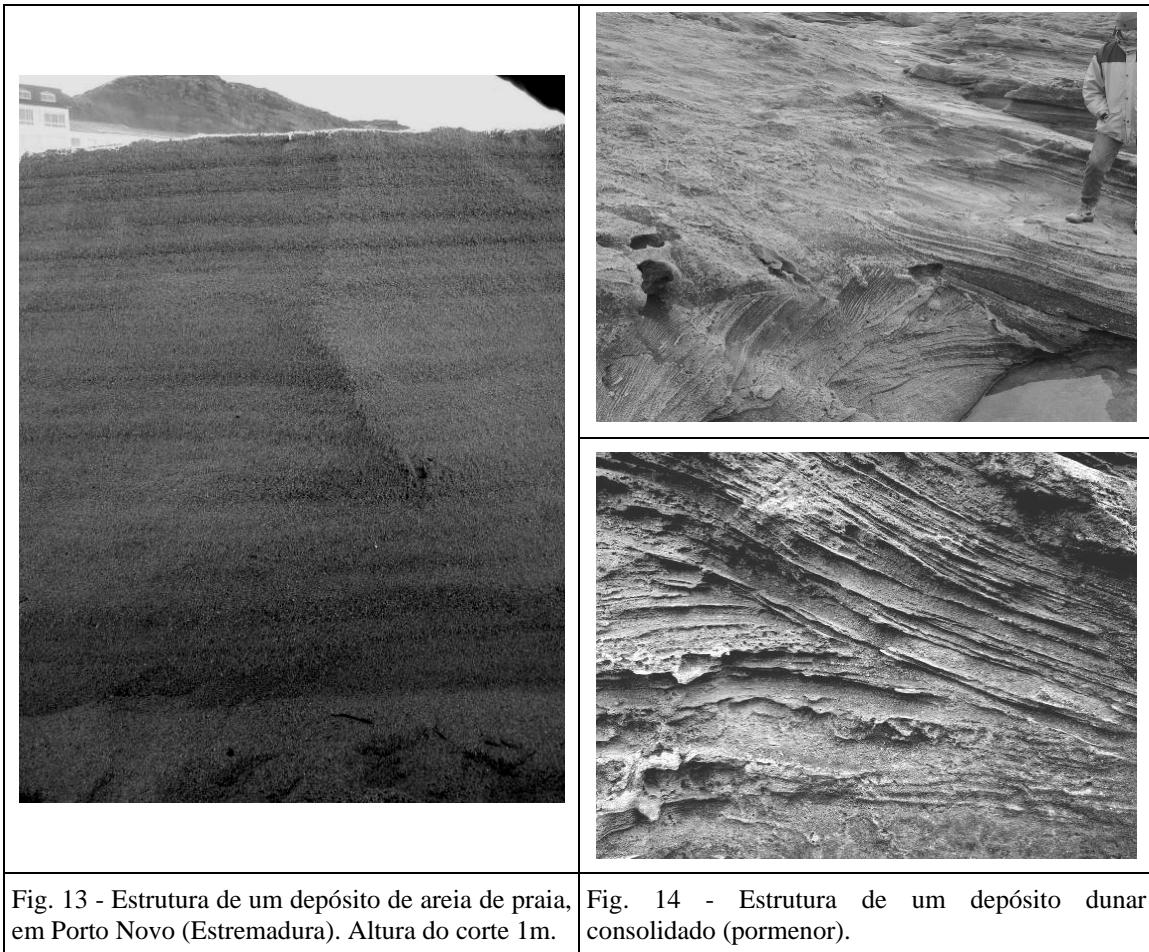
côncava



ondulada

Fig. 6 - Diferentes arranjos dos elementos constituintes numa estratificação entrecruzada (Adaptado de E.D. McKEE, 1979 e de J.R.L. ALLEN, 1984).

Extraído de Pereira, 1987, p. 17.



AULAS PRÁTICAS

As aulas práticas incluem:

- (i) a discussão do conceito, com recurso a diversos textos;
- (ii) a análise de documentos de detecção remota (teledetecção) de campos de ondas e sua modificação com a aproximação à linha de costa e cálculo dos parâmetros das ondas;
- (iii) a análise de situações sinópticas e sua correlação com o clima de agitação marítima (tipos de mar) no litoral de Portugal continental;
- (iv) iniciação ao tratamento laboratorial de amostras.

PARTE II

DINÂMICA DOS SISTEMAS LITORAIS CONSIDERADOS

IV. O SISTEMA PRAIA

A *praia* é, por definição, um sistema litoral de acumulação de sedimentos, da areia ao bloco, depositados pelo mar e que se mantêm soltos. A sua mobilidade depende de um conjunto de factores: os forçadores, decorrentes da acção das ondas (que podem ter propriedades diversas) e do seu ângulo de incidência na linha de costa, a que se associa a variação constante da posição do nível médio do mar, decorrente do estádio da maré, e de parâmetros morfológicos, como o declive e micromorfologia da praia, e sedimentológicos, como o calibre dos sedimentos.

1. Morfodinâmica transversal da praia

1.1 As grandes componentes e o seu significado

Não existe um acordo entre todos os autores sobre as componentes da praia. Apresentam-se as diversas divisões (Komar, 1998, Short, 2003, Moreira, 1984, entre outros) e também as componentes consideradas no âmbito da disciplina, sintetizadas na figura 15. Salienta-se, contudo, a variação lateral das várias faixas definidas, atendendo a que elas migram para terra ou para o largo ao ritmo da progressão da maré e em função da energia das ondas.

Definem-se e discutem-se os conceitos de: (i) *praia emersa* ou *praia propriamente dita* e *praia submersa* ou *pré-praia*, (ii) *de berma*, *cristas de praia* e *face da praia*, (iii) *agueiros longitudinais e transversais*, (iv) *terraço de praia*, (v) *coroas*, *cristas e sulcos* e relacionam-se com as faixas de rebentação, de espraio, da corrente de afluxo e de refluxo ou ressaca.

Referem-se também os limites mais ou menos móveis da praia, concebida como um todo que engloba a parte emersa e a submersa, o papel da vegetação halotolerante, na definição do seu limite superior, e da profundidade de fecho, no inferior.

As ondas e as marés constituem os elementos forçadores da dinâmica da praia no seu conjunto.

1.2. A variação estacional

A praia apresenta perfis transversais diferenciados, consequência da variação energética estacional da energia das ondas, por sua vez resultante da variação do seu elemento forçador, i.e., do vento. Assim, caracterizam-se os denominados *perfil reflectivo*, *intermédio e dissipativo* e relacionam-se com a morfologia da praia (nomeadamente o seu declive) e os tipos de ondas na rebentação (fig. 15).

A esta diferenciação do perfil da praia com as componentes referidas no ponto anterior corresponde o que se designa por *perfil reflectivo* (de calmaria ou de Verão) e ocorre após períodos prolongados de ondulação pouco energética, com transporte de areia da praia submersa para a praia emersa. A areia migra até aderir à berma de praia.

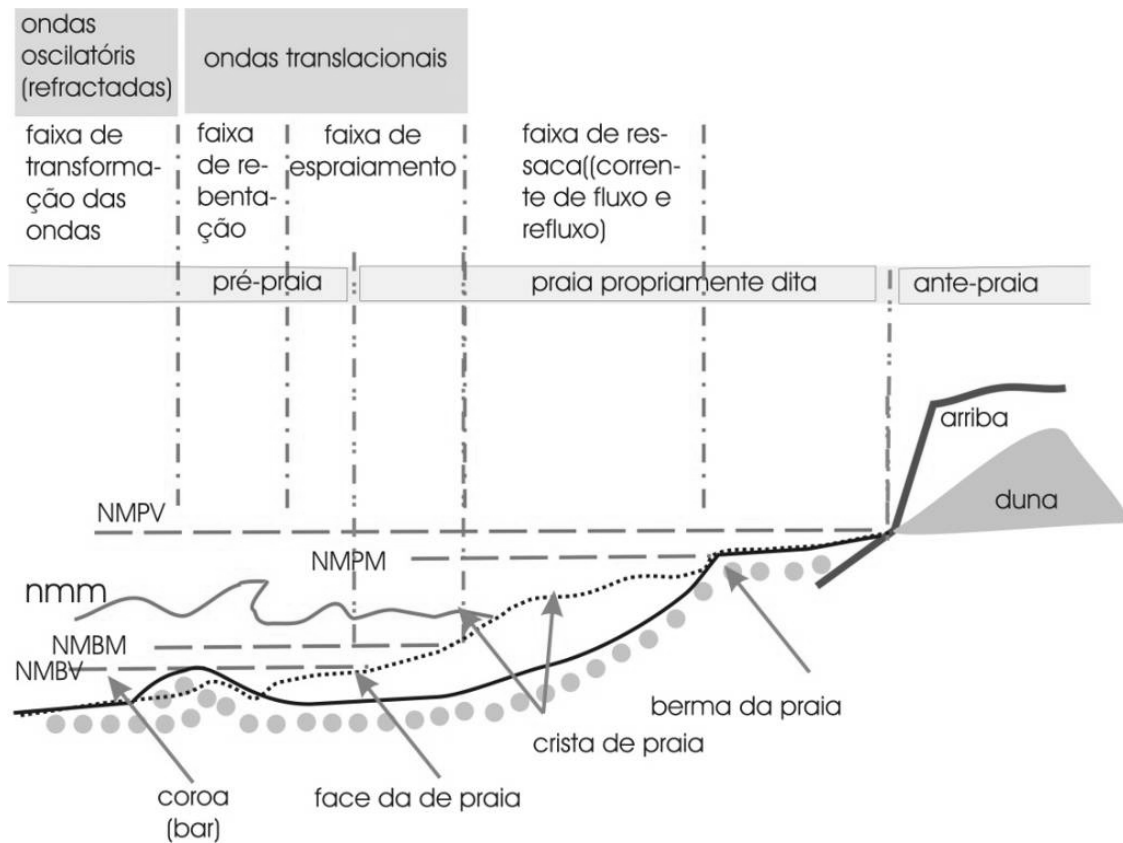


Fig 15 - Diferenciação morfodinâmica transversal da praia. A tracejado em perfil reflectivo, a traço contínuo em perfil dissipativo. Está também indicado o “zonamento” em faixas determinado pela ondulação e correntes.

Porém, dependendo do clima de agitação marítima, a praia pode apresentar um perfil muito mais regular e côncavo (perfil dissipativo), com o desaparecimento das cristas de praias (com emagrecimento da praia) por perda de areia que se acumula na praia submersa, formando *coroas (bars)* (fig. 15). No limite superior atingido pelas correntes

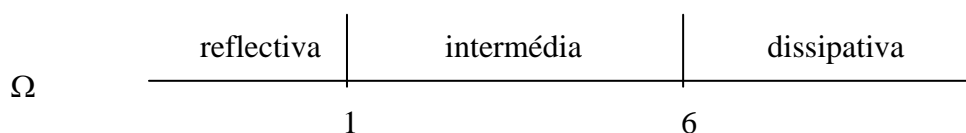
de afluxo, ficam por vezes escarpas de erosão na areia. Em condições de equilíbrio dinâmico, esta areia retorna à praia, originando o perfil reflectivo. Análise da variação temporal dos volumes sedimentares da praia (Anexo 8) e discussão dos factores explicativos (gradientes barométricos e parâmetros das ondas).

O estágio de equilíbrio dinâmico da praia é função (i) da altura da onda na rebentação, (ii) do período da onda, (iii) do calibre dos sedimentos e (iv) da variação destes parâmetros no tempo, em cada lugar. De acordo com Pais-Barbosa *et al* (sem data)⁴ a fórmula de Wright and Short, 1984, para praias em domínio de micromaré e baixa mesomaré, pode ser aplicada com êxito em domínio de alta mesomaré, como sucede no litoral ocidental do território continental. Aqueles autores definem um parâmetro (Ω) que pode ser usado para definir o estágio de equilíbrio dinâmico da praia:

$$\Omega = \frac{H_b}{\bar{W}_s T} \quad (\text{Eq. 2})$$

em que H_b representa a altura da onda na rebentação, \bar{W}_s a velocidade de queda do sedimento médio e T o período da onda.

O valor Ω define limiares entre os estádios de equilíbrio dinâmico da praia, em que:



Neste ponto inclui-se também a metodologia de levantamento de campo dos perfis de praia, com recurso a *Differential Global Positioning System* (dGPS) e a Estação Total (fig. 16 e 17 e Anexo 9).

⁴ Este artigo disponibilizado *online* no final de 2005, foi publicado em 2007. Coastal Features in the Energetic and Mesotidal West Coast of Portugal, Journal of Coastal Research, Special Issue 50, 2007. <http://www.griffith.edu.au/conference/ics2007/pdf/ICS088.pdf>.

Anexo 8

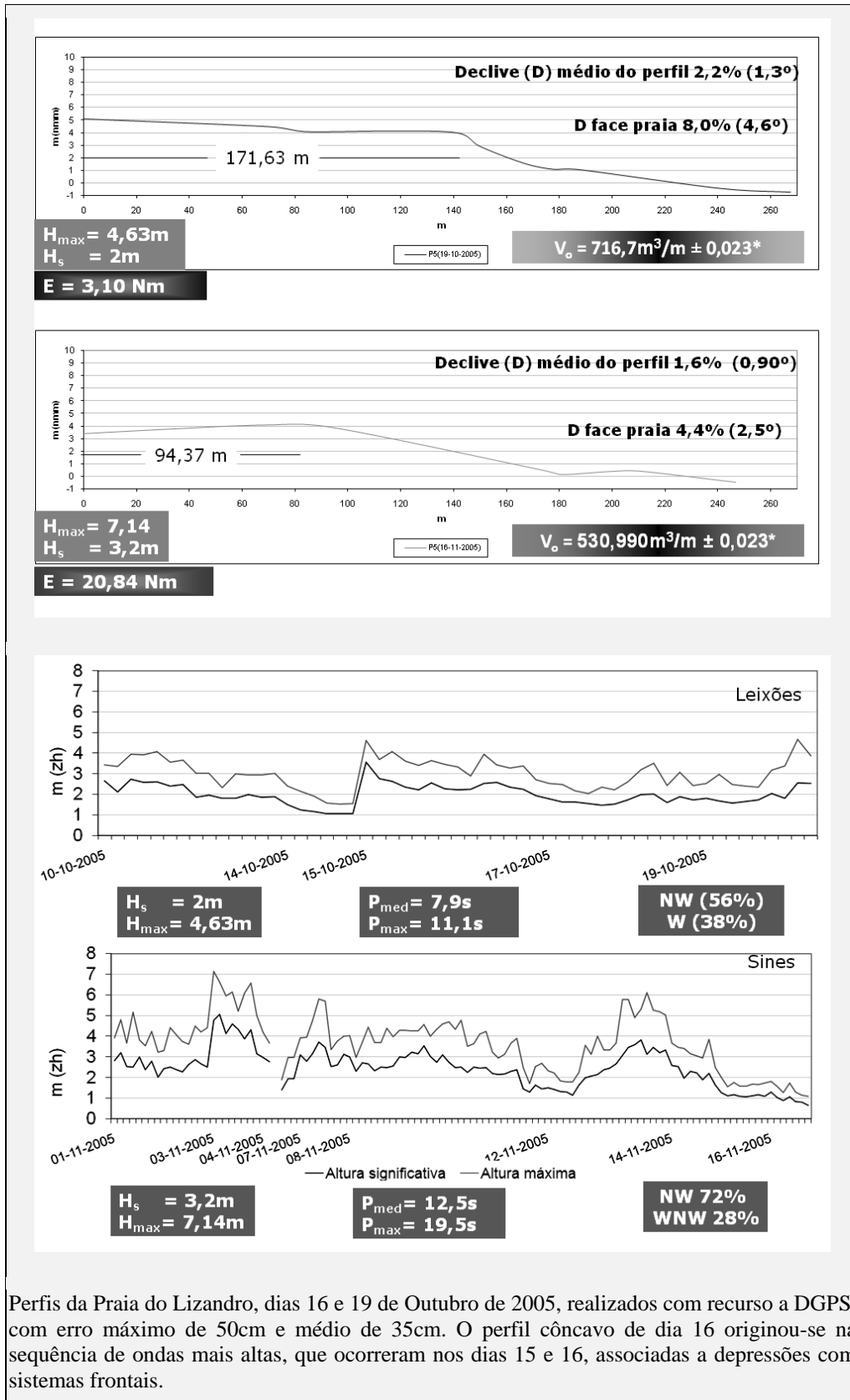


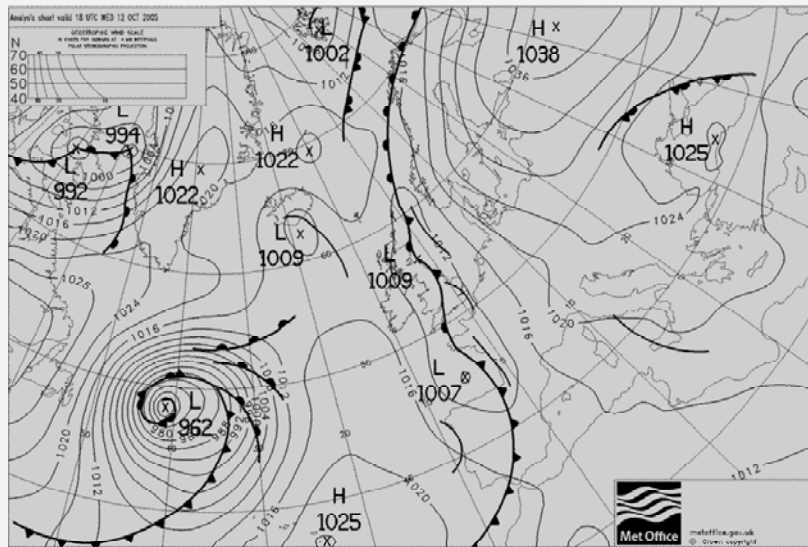


Fig. 16 - O uso do DGPS nos levantamentos de praia.



Fig. 17 - O uso da estação total nos levantamentos de praia.

Anexo 9



A relativa acalmia que se registou nos dias seguinte associou-se à intensificação do bloqueio criado pelo anticiclone situado a ocidente da Península Ibérica, que permitiu a diferenciação morfológica no dia 19.

DGPS e Estação Total

Existem diversas metodologias de levantamento e monitorização de sistemas litorais que incorporam instrumentos de elevada precisão, seja através da medição directa sobre a superfície a monitorizar (GPS – *Global Positioning System*, Estação Total ou MEM – *Micro Erosion Meter*) ou por medição remota, com utilização de aeronaves ou satélites (fotografias aéreas, ortofotomapas, e radares ou lasers altimétricos, respectivamente).

O GPS com correcção diferencial em tempo real ou pós processamento (dGPS) e a Estação Total encontram-se entre os instrumentos mais utilizados na monitorização de sistemas litorais arenosos. Ambos possuem vantagens e desvantagens na sua utilização (quadro 1), permitindo ao utilizador adquirir, de forma autónoma, dados precisos de posicionamento no espaço (x, y, z). Os erros associados às duas técnicas podem relacionar-se com as limitações do equipamento e com a metodologia empregue pelo utilizador.

São utilizados para a avaliação da dinâmica morfossedimentar das praias, através da recolha sucessiva e sobreponível de perfis topográficos transversais à linha de costa. Podem, assim, registar-se as modificações planimétricas e/ou altimétricas nos elementos mais dinâmicos destes sistemas (*ex. face da praia ou berma*), e a análise do seu balanço sedimentar. Embora se possa estabelecer uma metodologia comum, a definição dos procedimentos das campanhas de monitorização de praias com recurso ao GPS ou à Estação Total é necessariamente diferente. No caso da utilização do GPS com correcção diferencial é necessário estabelecer uma estação base nas proximidades do local de levantamento ou obter a correcção diferencial dos dados através de uma entidade ou organismo. O conhecimento da frequência na obtenção dos dados para correcção é essencial para a definição da sua recolha com a estação itinerante. A Estação Total exige o conhecimento prévio das coordenadas de, pelo menos, dois pontos a partir dos quais se procede ao levantamento dos perfis, implicando um trabalho prévio de transporte de coordenadas desde o vértice geodésico mais próximo, para que seja definida a sua posição no espaço (x, y, z) e a sua orientação. A utilização da Estação Total pressupõe um contacto visual permanente com o prisma, sendo crucial na definição do seu local de estacionamento.

Anexo 9 (cont.)

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens da utilização de GPS e Estação Total.		
	GPS (com correcção diferencial)	Estação Total
Vantagens	<p>Levantamento realizável apenas com um indivíduo;</p> <p>Instalação de apenas uma estação-base num ponto conhecido para recolha de dados para correcção em tempo real ou pós-processamento;</p> <p>Levantamentos em extensão, sem necessidade de contacto visual com a estação-base que pode estar até 40km de distância;</p> <p>Os levantamentos podem realizar-se 24h por dia, independentemente das condições atmosféricas.</p>	<p>Permite a recolha rápida de pontos;</p> <p>Para além do posicionamento convencional (x, y, z), são registados dados relativos às distâncias horizontal e inclinada e aos ângulos horizontal e vertical, essenciais para o reposicionamento preciso após o levantamento de pontos de medição sem marcas visíveis no terreno.</p>
Desvantagens	<p>O erro registado na estação base não é constante;</p> <p>As fontes conhecidas de erro não se centram apenas no equipamento e no utilizador, mas também na qualidade do sinal rádio recebido (efeito <i>multipath</i> ou reflexão do sinal em obstáculos de grandes dimensões) e na distribuição geométrica dos satélites no horizonte (PDOP - <i>Position Dilution Of Precision</i>).</p>	<p>Um operador de estação e um porta-miras;</p> <p>Campo visual limitado pela distância, por obstáculos, pela luz solar e por condições atmosféricas que limitem o contacto visual (nevoeiro);</p> <p>Exige a criação prévia de pontos-estação fixos e identificáveis no terreno;</p> <p>Exige trabalho prévio de transporte de coordenadas x, y e z a partir de um ou vários pontos conhecidos.</p>

2. Os processos marinhos litorais

2.1. Na praia submersa

A praia submersa é dominada por dois tipos de ondas: as ondas oscilatórias refractadas e as ondas translacionais (fig. 15). Cada uma delas define ambientes energéticos distintos. Pode, assim, considerar-se nestes últimos vários subdomínios: (i) a faixa de rebentação, (ii) a faixa de espraiamento e (iii) a faixa de ressaca, dominada por correntes de afluxo e de refluxo.

2.1.1. No domínio das ondas oscilatórias

Situado para o largo da faixa de rebentação, este domínio afecta apenas a parte exterior da praia submersa. Corresponde ao que Johnson (1919) definiu como face da praia (*shoreface*), conceito que se tem vindo a alargar para terra, e que Short (2003) designa por baixa face da praia (*lower shoreface*), pois considera a face da praia até ao limite superior da corrente de afluxo.

Este domínio, onde se encontra grande parte da praia submersa, é fundamental na morfodinâmica litoral, pois é uma faixa de trocas de sedimentos entre a plataforma continental interna e a praia propriamente dita.

A definição do seu limite inferior (a *profundidade de fecho* - hc) tem sido objecto de diversas abordagens. As equações de Hallermeier (1981, em Komar, 1998) para a sua determinação relacionam-na com os parâmetros das ondas e o calibre dos sedimentos. Assim,

$$hc = 2.28 H_{sx} - 68,5 (H_{sx}^2 / g T_e^2) \quad (\text{Eq. 3})$$

em que H_{sx} (ou H_e para Komar) é a altura da onda de temporal na praia submersa, que só é excedida 12 horas por ano, T_e é o período de onda associado e g a aceleração da gravidade.

Pela dificuldade de obtenção dos dados das ondas, aquele autor propõe a seguinte simplificação da fórmula:

$$hc \approx 2 H_{med}^{1/3} + 11 \sigma \quad (\text{Eq. 4})$$

em que $H_{med}^{1/3}$ é a média anual das alturas significativas de cada dia e σ é o desvio padrão de $H_{med}^{1/3}$.

Birkemeier (1985, in Komar, 1998) refere que a simples proporcionalidade $hc = 1,57 H_e$ permite uma aproximação satisfatória para a determinação da profundidade de fecho.

A relação entre a profundidade de fecho e o calibre dos sedimentos pode exprimir-se:

$$hi = (H_{med}^{1/3} - 0,3\sigma) T_{H1/3} (g/5000D)^{1/2} \quad (\text{Eq. 5})$$

em que D é o diâmetro médio dos sedimentos de uma amostra tirada à profundidade de metade de hc , que corresponde aproximadamente a metade do comprimento de onda.

O morfo-equilíbrio deste troço de praia submersa pode expressar-se (Short, 2003) expressar-se:

$$\delta h / \delta t = \varepsilon (\delta C / \delta t + \delta q_x / \delta x + \delta q_y / \delta y) - \delta V / \delta t \quad (\text{Eq. 6})$$

em que x e y representam as trocas sedimentares transversais e longilitorais, respectivamente, e q_x q_y os respectivos fluxos de sedimentos;

ε diz respeito à densidade e porosidade dos sedimentos;

C é a quantidade total de sedimento em trânsito em qualquer momento;

V (por unidade de superfície) representa o ganho ou perda de sedimentos.

A equação de Bruun (1954) e Dean (1991) exprime o perfil da praia, que se poderá aplicar também a esta parte da praia submersa:

$$h = Ax^{2/3} \quad (\text{Eq. 7})$$

em que h é a profundidade da água a uma determinada distância x da linha de costa e A é um parâmetro de forma, função do grau de concavidade da praia, que se relaciona com o calibre dos sedimentos.

Este modelo foi reajustado por Inman e colaboradores (1993), para a parte mais ao largo

da praia submersa. O expoente (m) é, segundo CERC (1988), de 2/5.

2.1.2. Na faixa de rebentação

O rebentar das ondas depende do declive da praia e da curvatura da onda em águas profundas. Para uma dada curvatura, quanto maior o declive da praia, maior a razão H_b/h_b na rebentação, em que H_b é a altura da onda na rebentação e h_b a espessura da coluna de água (fig. 18).

Komar e Gaughan (1972) propuseram para o cálculo da altura na rebentação (H_b)

$$H_b = 0,39g^{1/5} (TH_o^2)^{2/5} \quad (\text{Eq. 8})$$

em que H_o e T correspondem à altura e ao período da onda em águas profundas.

O coeficiente 0,39 foi obtido empiricamente pelos ajustamentos entre os ensaios laboratoriais e os dados recolhidos no campo.

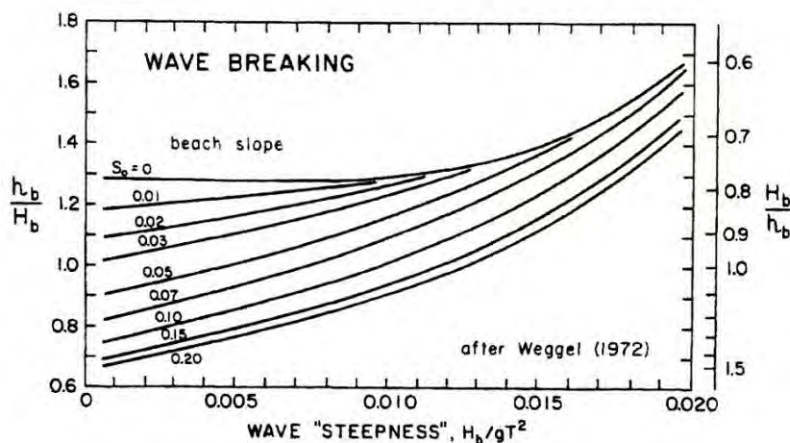


Fig. 18 - As condições críticas para a ocorrência de rebentação das ondas em águas pouco profundas. h_b e H_b representam a espessura e altura da onda na rebentação, respectivamente. A curvatura da onda é dada pela razão entre a altura na rebentação e o produto da aceleração da gravidade (g) pelo quadrado do período (T). Komar, 1998, p.214.

Os mesmos autores relacionam a altura na rebentação com a altura e curvatura de acordo com a teoria linear de ondas (sem atender à perda de energia por fricção). Munk (1949) propõe uma relação das ondas em águas profundas para avaliar o fluxo energético da onda desde as águas profundas até à rebentação:

$$H_b/H_o = 0,563/ (H_o/L_o)^{1/5} \quad (\text{Eq. 9})$$

em que H_b e H_o são a altura da onda na rebentação e em águas profundas, respectivamente, e L_o o comprimento de onda em águas profundas.

O cálculo de campo da altura das ondas na rebentação pode efectuar-se por diversos meios, como com os transdutores de pressão, de custo elevado, ou por estimativa visual, com recurso à denominada *régua de ondulação* (Balsillie e Carter, 1984, Plant e Griggs,

1992, Ferreira, 1998; fig. 19).

Esta constitui um equipamento relativamente simples e pouco dispendioso, constituído por uma régua graduada de 10 em 10cm, colocada na vertical por um sistema triangular de suporte e que é montado e fixado em maré vazia, na faixa de rebentação. Em preia-mar, são realizadas entre 30 e 100 avaliações da altura da onda. Este método de aquisição da altura das ondas na rebentação é um método expedito, mas deve ser considerado com algumas precauções. É, por isso, discutida a fiabilidade dos dados obtidos e os factores que podem influenciar a sua recolha e que se prendem fundamentalmente com o observador. Serão feitos ensaios deste tipo de aquisição de dados.



Fig. 19a – As réguas utilizadas.



Fig. 19b – A régua de ondulação instalada na praia, em maré vazia.



Fig. 19c – A régua de ondulação instalada na praia, em maré enchente.



Fig. 19d – A régua de ondulação instalada na praia, em maré cheia.

2.1.3. Na faixa de espraiamento

Esta faixa, de espraio ou espraiamento, fica compreendida entre as faixas de rebentação e de ressaca (é a denominada *surf zone*).

Esta faixa tem larguras diferentes consoante o perfil da praia, reflectivo ou dissipativo. No primeiro, é estreita e alarga-se nas praias dissipativas e intermédias de baixo declive. Nesta faixa encontram-se ondas rebentadas e ondas em rebentação, porque as características das ondas não são constantes (ver espectro da onda).

Há uma diminuição da energia da onda ao longo da faixa de espraio, de acordo com a fig. 20.

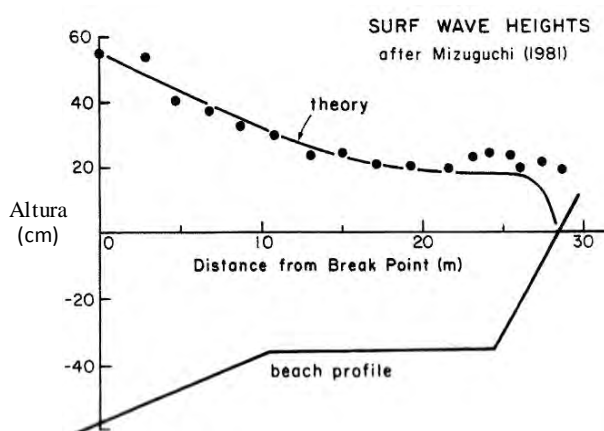


Fig. 20 - Variação transversal da altura das ondas em laboratório comparada com o modelo teórico de Mizuguchi (1980), in Komar, 1998, p.222.

A dispersão da energia das ondas depende do declive da praia e é consumida no transporte de sedimentos e na geração de correntes longilitorais. Existem três tipos de correntes na faixa de espraio: (i) a corrente de fundo de retorno; (ii) as correntes de agueiros (*rip currents* – circulação em células) e (iii) as correntes longilitorais. As ondas induzem dois sistemas de correntes: o sistema de circulação em célula constituído pelas correntes de agueiros e correntes longilitorais associadas.

A corrente de retorno (*undertow flow*) consiste numa corrente de fundo sensivelmente perpendicular à praia que compensa o transporte de água gerado pela rebentação (fig. 21).

As correntes de agueiros resultam da convergência das duas derivas de praia e circulam num canal – o agueiro. São muito importantes no transporte de sedimentos para a praia submersa, podem ter elevada capacidade erosiva, logo condicionam a erosão da praia, e podem constituir-se como um perigo para os utilizadores da praia (fig. 22).

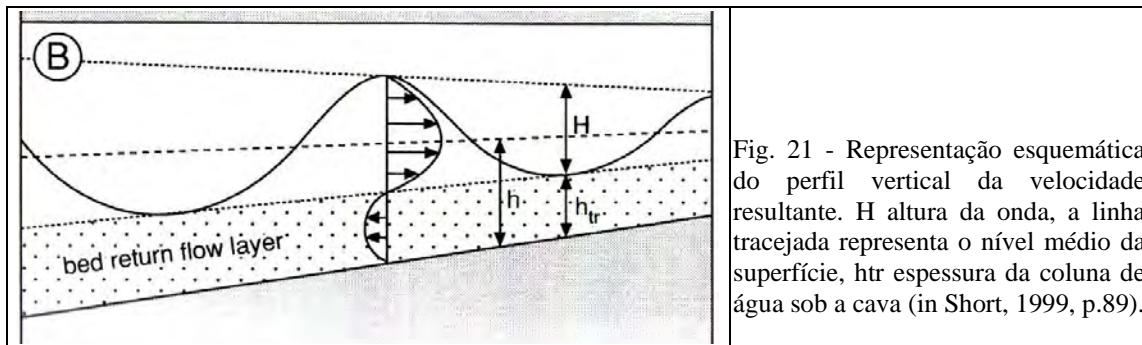


Fig. 21 - Representação esquemática do perfil vertical da velocidade resultante. H altura da onda, a linha tracejada representa o nível médio da superfície, h_r espessura da coluna de água sob a cava (in Short, 1999, p.89).

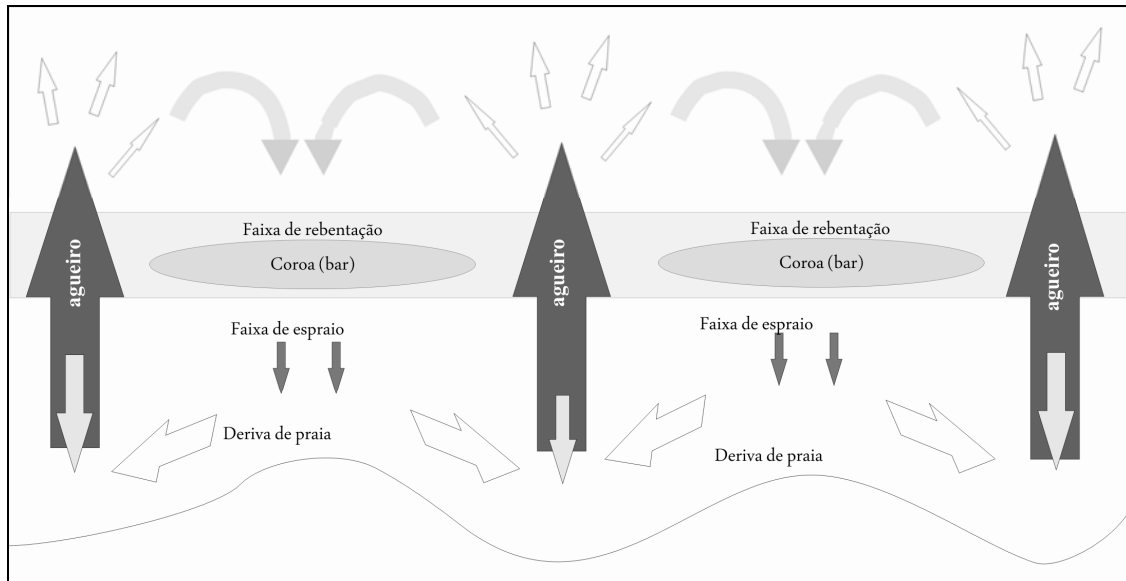


Fig. 22 – A circulação circular relacionada com os agueiros e deriva de praia, baseada em Komar, 1998 e Short, 2001.

A sua existência relaciona-se com variações longilitorais da altura da onda que por sua vez ocasionam variações no nível atingido pela corrente de afluxo na face da praia.

Short (1985, in Short 2001) identificou três tipos básicos de correntes de agueiro: (i) erosivas, associadas ao aumento da altura das ondas e/ou mudanças de direção das ondas; (ii) acrecionais, relacionadas com a diminuição da altura das ondas; (iii) controladas pela topografia, que são, em geral, permanentes, localizadas em posição adjacente a cabos ou promontórios, recifes de coral ou estruturas costeiras.

As correntes de agueiro têm um espaçamento que pode variar entre 50 e 1000m. A razão entre o comprimento de onda das correntes de agueiro e a largura da faixa de espraio ou de espraio varia entre 1,5 e 8 e o seu espaçamento parece aumentar com a altura das ondas incidentes e largura da faixa de espraio e com a diminuição do declive da praia. As condições dissipativas são favoráveis a maiores comprimentos de ondas das correntes de agueiro.

As coroas longilitorais ou simplesmente coroas (*longshore bars*) constituem elevações

de areia longilitorais. Os sedimentos que as constituem provêm da erosão da face e da berma de praia. São antecedidas, do lado da praia, por um sulco. Podem ter dimensões longitudinais muito variadas, podendo ser da ordem das dezenas de quilómetros. Existe uma relação estreita entre a rebentação e a génese, a posição, nomeadamente a profundidade a que ocorrem, e a dimensão das coroas. Os vários autores concordam que quanto maior for o comprimento de onda maior será a profundidade a que ocorrem estas formas. Estudos em laboratório mostram que um aumento da altura das ondas provoca uma migração das coroas para o largo, enquanto a manutenção da altura da onda e um aumento da curvatura da onda (diminuição do período) as fazem migrar em sentido contrário.

As ondas mergulhantes são mais conducentes à geração de coroas do que as ondas progressivas. Os sulcos são mais profundos nas ondas mergulhantes.

2.2. Na faixa de ressaca

A faixa de ressaca e a faixa afectada pelas correntes de afluxo e refluxo, revestem-se de grande importância na modelação da face da praia e na altura atingida pela berma. Dependem essencialmente da altura da onda na rebentação, do declive da face de praia e da dimensão dos sedimentos. Estes factores comandam o nível atingido pela corrente de afluxo (o *run-up*) e a velocidade da corrente de refluxo.

A altura da berma de praia, resultante da acumulação de sedimentos provenientes da praia emersa e que migram para terra em condições de clima de agitação marítima pouco energético, está directamente relacionada com o nível / altura atingido pela corrente de afluxo na face da praia. Esta depende da altura da onda e do calibre dos sedimentos, que comanda a percolação. Segundo Bagnolds, 1947, in Komar 2001, a proporcionalidade entre a altura da berma (A_b) e a dimensão dos sedimentos (D) é:

$$b = 1,68 \text{ para } D = 0,7\text{cm};$$

$$b = 1,78 \text{ para } D = 0,3\text{cm};$$

$$b = 1,8 \text{ para } D = 0,05\text{cm}.$$

São várias as técnicas e equipamentos utilizados na medição de campo do nível atingido pela corrente de afluxo em diversas condições de clima de agitação marítima (réguas, vídeo e tratamento das imagens, comparação com os dados de ondulação e com a altura da onda na rebentação).

Como seria de prever, as medidas do nível atingido pela corrente de afluxo em praias de perfil reflectivo e face de praia de elevado declive são dominadas pelas ondas incidentes

enquanto os associados a ondas individuais, em regime de temporal, correspondem a condições das ondas ao largo (Komar, 1998, p.242).

As cristas e sulcos (*ridges and runnels*) são semelhantes às coroas e sulcos associados, mas de muito menores dimensões, provocam desníveis muito mais pequenos e ocorrem em maré vazia, entre a base da face de praia e a faixa de rebentação. As cristas são cortadas por numerosas brechas por onde se escapa a água à medida que a maré baixa, mas também por onde penetra mais rapidamente a maré enchente. As observações mostram que este sistema de cristas e sulcos tende a formar-se em situações de calmaria do clima de agitação marítima e reduzem-se em condições de temporal.

King e William, 1949, em Komar, 1998, sistematizaram os factores deste sistema de sulcos e cristas: (i) grande amplitude de maré, que possibilite, em maré vazia, a existência de um terraço de maré desenvolvido com baixo declive para o largo; (ii) baixa energia da ondulação, que pode ocorrer também em áreas abrigadas da ondulação e (iii) abundância de areia (fig. 23).



Fig. 23 - Praia de S^{ta}. Rita, Estremadura, abrigada pelo promontório de Porto Novo, em maré baixa, no dia 16-10-2005. Crista da berma (a), base da face da praia (b), terraço de maré (ac). A amplitude da maré foi de 3,31m.

O limite interior desta faixa pode ainda apresentar modelado particular, constituído por formas originais rítmicas, os denominados crescentes de praia. Existe ainda muita controvérsia quanto à sua génese, sabendo-se, no entanto, que dependem do calibre dos sedimentos da praia, do seu declive e da amplitude da maré. São mais perfeitos em praias de seixo ou cascalho, em domínio de micromaré, com ondas a incidir paralelamente à linha de costa.

3. Os sedimentos da praia: calibre e disposição

Os sedimentos das praias dependem das fontes sedimentares, da energia das ondas e do declive da plataforma continental interna adjacente. Atendendo à dinâmica nas diferentes faixas da praia, facilmente se compreende a variação das características (parâmetros texturais) dos sedimentos ao longo do perfil transversal da praia (ver Parte I, ponto 3).

A deposição dos sedimentos nas praias depende directamente do clima de agitação marítima e corresponde a estruturas planares com lâminas de muito baixa inclinação (ver Parte I, ponto 4), salvo quando depositadas em regime de temporal.

V. O SISTEMA DUNA

1. A dinâmica eólica

As dunas litorais são formas de acumulação de areias de praia transportadas e acumuladas pelo vento.

1.1 Os factores da mobilização eólica

Os factores de que depende a mobilização da areia pelo vento estão esquematizados na fig. 24.

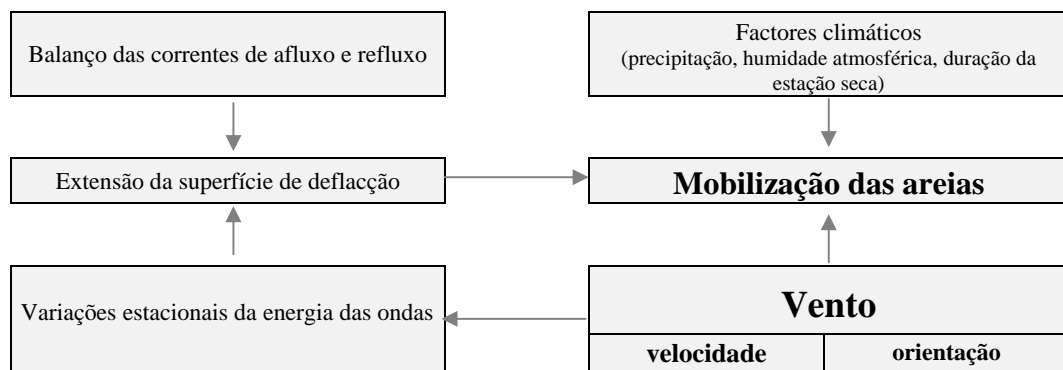


Fig. 24 - Factores que influenciam a mobilização das areias pelo vento. Extraído de Pereira, 1987, adaptado.

1.2. O limiar repouso-movimento

A mobilização das areias pelo vento inicia-se quando é excedido o limiar repouso-movimento. Bagnold (1973) propôs:

$$V_{*t} = A \sqrt{\frac{\sigma - \rho}{\rho}} gd \quad (\text{Eq. 10})$$

em que:

V_{*t} = velocidade limiar repouso-movimento ou limiar de entrada em movimento ;

A = coeficiente cujo valor é 0,1 para o ar e grãos de diâmetro 0,23mm

σ = densidade do grão (2,65gcm⁻³ para o quartzo)

ρ = é a densidade do fluido (1,22x 10³ cm³ para o ar)

g = aceleração da gravidade (980cms⁻²)

d = diâmetro médio do grão

Esta relação é utilizada quando o Número de Reynolds é superior a 3,5. Este Número define as características do fluxo de ar junto ao solo, linear ou turbulento, e exprime-se pela relação

$$\frac{V_* d}{\nu} \quad (\text{Eq. 11})$$

em que V_* é o gradiente da velocidade do fluxo ou velocidade de arraste, d é a dimensão média do grão e ν a viscosidade cinemática do fluido, com valor de 0,14 para o ar em condições atmosféricas constantes (Bagnolds, 1973; ver também Pereira, 1987).

Em ambiente litoral, ao contrário do sistema eólico em ambientes áridos, a rugosidade da superfície de deflacção depende, para além da sua morfologia, do seu grau de recobrimento pela vegetação e tipo de vegetação. Com efeito, nestes ambientes a precipitação e a humidade atmosférica são mais elevadas, permitindo o desenvolvimento da vegetação que, não só faz aumentar a rugosidade e conseqüente diminuição da velocidade do fluxo, como se constitui como ancoradouro das areias eólicas.

A elevada humidade atmosférica tem, ainda, outra conseqüência: possibilitar o preenchimento dos espaços inter-grãos por água, que funciona como elemento aglutinador das areias, dificultando a sua mobilização pelo vento. Por essa razão, a expressão do limiar repouso-movimento de Bagnolds foi adaptada posteriormente, incluindo aquela variável (ver a propósito Goldsmith 1978):

$$V_{*c} = A \frac{\sigma - \rho}{\rho} \text{gd} (1,8 + 0,6 \log_{10} W) \quad (\text{Eq. 12})$$

em que W é a humidade relativa (ver também Carter, 1993, p.305 e seguintes e Cooke et al, 1993, p.234 e seguintes).

1.3. Modos de transporte

A mobilização das partículas pelo vento depende de um conjunto de factores de que se destacam à velocidade do vento e a dimensão do grão de areia.

O vento transporta as areias por (i) reptação, (ii) saltação e (iii) suspensão. Em casos particulares, de vento forte e sedimentos secos, o vento pode (iv) arrastar elementos sedimentares de dimensão superior às areias.

2. As formas dunares e a disposição das areias

As areias mobilizadas pelo vento, por excesso de carga ou diminuição da velocidade do fluxo, depositam-se. Em ambientes litorais essa deposição ocorre por interposição de obstáculos, penetráveis ou impenetráveis. No primeiro caso, os obstáculos naturais são materializados pela vegetação (ou artificialmente por armadilhas de areia), que ocasiona um aumento da rugosidade topográfica, dando origem a verdadeiras dunas. No segundo caso, o obstáculo pode ser uma arriba, e então o vento cria taludes eólicos de encontro ao obstáculo (ver também Pereira, 1987).

As dunas litorais podem revestir-se de diversas formas consoante a disponibilidade de sedimentos na praia e estabilidade da praia, a constância/dominância de rumo do vento e afastamento à linha de costa.

2.1. Dunas em cauda de cometa

Estas dunas, de pequenas dimensões, formam-se no limite interior da praia propriamente dita, na dependência da existência de pequenos tufo de vegetação pioneira, halotolerante. Têm um perfil transversal dissimétrico, com a “cauda”, face mais longa, a sotavento. Ocorrem quando há uma clara dominância do rumo do vento.

2.2. Domas

Os domas são acumulações de areia em forma de cúpula que podem ocorrer também junto ao limite interior da praia propriamente dita ou ao longo de corredores interdunares, mas onde não há constância do rumo dos ventos. Podem ser formas

resultantes da erosão de outras dunas, como por exemplo de dunas parabólicas.

A estratificação das areias é idêntica à das parabólicas, mas interrompida por superfícies de deflaccão.

2.3. Duna frontal

Acumulação de areia de perfil transversal dissimétrico (face a barlavento com declive de 10-15° e face a barlavento com 30-32°) que acompanha a praia e pode estender-se, de maneira contínua, por dezenas de quilómetros.

Forma-se em litorais de praias estreitas, mas de areia abundante, ou em praias largas mas em erosão.

2.4. Dunas transversais

Estas acumulações de areia têm uma forma alongada e um perfil transversal dissimétrico, transversais ou oblíquas ao vento dominante. Relacionam-se com praias estáveis e abundância de areia. Nelas domina a estratificação tabular planar, com feixes separados por ângulos altos (20-26°) e lâminas inclinadas 30-34° para sotavento. Têm frequentemente estruturas deformacionais.

2.5. Dunas parabólicas

Estas acumulações de areia têm uma forma de crescente, U ou V, com a concavidade virada ao vento dominante e as extremidades estabilizadas pela vegetação. São condições de génese deste tipo de dunas (i) uma espessura considerável de areia no campo de deflaccão, (ii) vento unidirecional eficaz e (iii) presença de vegetação (halopsamófila). Esta última condição parece determinante na formação destas dunas e é responsável pela sua progressão lenta.

Alguns autores (Pye, 1983, Mckee e Bigarella, 1979 e Allen, 1984) consideram que estas dunas se podem formar a partir de um *blowout*.

As areias dispõem-se segundo uma estratificação entrecruzada fina, tabular planar e planar em cunha (salvo no topo), com feixes cruzados, formando ângulos baixos, que a barlavento e no topo podem ser horizontais ou subhorizontais e finos. As lâminas são pouco inclinadas a barlavento e muito inclinadas e com sentido oposto a sotavento (30-32°).

2.6. Dunas longitudinais

Estas dunas dispõem-se paralelamente à orientação do vento dominante. Formam-se em litorais onde domina um só rumo de vento e a superfície de deflacção é estreita (Moreira, 1984). Vários autores consideram-nas o resultado da erosão das dunas parabólicas e da desigual velocidade de progressão da parte côncava (mais rápida) e das extremidades.

2.7. Os blowouts

Os *blowouts* correspondem a interrupções nas dunas frontais ou em dunas parabólicas. Podem ter duas origens: (i) corresponder a irregularidades na duna frontal, menor espessamento de areias ou mesmo interrupções, (ii) menor grau de cobertura vegetal ou (iii) resultar da erosão natural (galgamentos oceânicos, por exemplo) ou antrópica (caminhos de acesso à praia) de outras dunas. Nessas áreas o vento pode actuar como agente de deflacção, ampliando a brecha na duna. Alguns autores consideram que algumas dunas parabólicas têm esta origem, nomeadamente por erosão da duna frontal.

3. As características texturais das areias dunares

As areias mobilizadas e depositadas pelo vento são, em geral, finas e bem calibradas. A variação dos seus parâmetros texturais evidencia a distância às fontes sedimentares (as praias), o aumento da rugosidade da superfície topográfica e conseqüente diminuição da velocidade do vento, logo da sua capacidade de transporte.

VI. AS DINÂMICAS DOS SISTEMAS LITORAIS DE EROSÃO

Os sistemas litorais de erosão mostram, ao contrário dos anteriores, uma situação marcada pela escassez de sedimentos. Neles dominam as formas de relevo de erosão, nomeadamente as arribas, degrau escarpado (declive acentuado), desprovido de vegetação, em geral modelada no sopé por processos marinhos e na parte restante por processos continentais (fig. 25), a que se podem associar as plataformas rochosas de sopé.

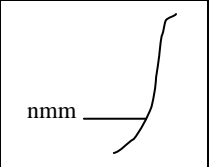




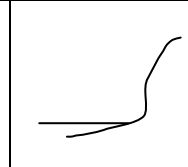
					
Arriba mergulhante	Arriba	Arriba com sapa	Vertente costeira	Arriba extraprumada	Arriba e vertente costeira

Fig. 25 - Formas de arribas e vertentes costeiras.

1. A escassez de sedimentos

O défice sedimentar litoral pode ter diversas causas, podendo cada uma delas actuar independentemente ou de maneira combinada. Elas relacionam-se quer com o afluxo de sedimentos provenientes do continente quer dos oriundos da plataforma continental próxima ou em trânsito na corrente de deriva litoral (fig. 26). A essas condições naturais acresce a intervenção antrópica, que promove a retenção dos sedimentos ao longo dos cursos de água e o défice a sotamar de estruturas de protecção da linha de costa.

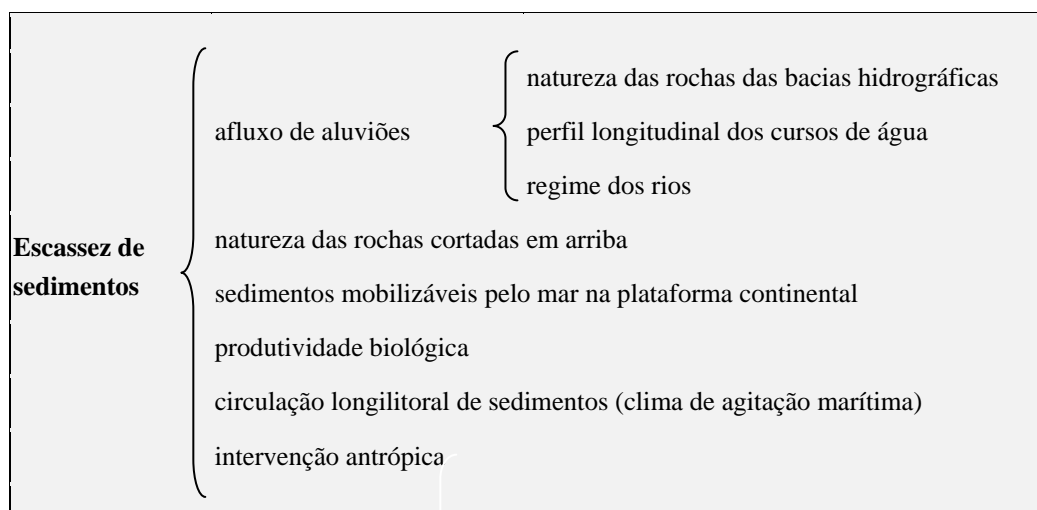


Fig. 26 - Síntese dos factores que comandam o défice sedimentar.

2. Os factores condicionantes da evolução das arribas

Os factores de que depende a evolução das arribas podem agrupar-se em (i) inerentes aos materiais em que é talhada, (ii) exteriores à própria arriba. Nestes inclui-se (i) o clima de agitação marítima (tipo e energia das ondas, sua variação estacional), (ii) as condições climáticas, nomeadamente o regime da precipitação e (iii) as intervenções antrópicas.

2.1. Na dependência das características geológicas

A diversidade textural e estrutural das rochas, ou seja, (i) da natureza dos materiais cortados em arriba e (ii) a disposição dos materiais cortados em arriba é de grande importância nos processos da sua evolução.

As arribas cortadas em rochas arenáceas (granitos, arenitos) evoluem por processos diversos das cortadas em turbiditos ou em rochas calcárias. Também a dimensão e quantidade de sedimentos que fornecem ao sopé da arriba são distintos, o que combinado com o clima de agitação marítima, facilita ou não a existência e manutenção de praias, que são formas de protecção das arribas à acção do mar.

A disposição das rochas, concordante, discordante ou oblíqua ao talhe da arriba, pode facilitar a ocorrência de determinados processos de evolução, por exemplo deslizamentos em rochas concordantes. O grau de fissuração (densidade de falhas, fracturas e diáclases; abertura da rede; grau de alteração das rochas nas fissuras), resultante de tectónica activa ou passiva ou de processos de dissecação dos materiais, e de carsificação em rochas carbonatas facilitam também a ocorrência de processos evolutivos, por comandarem a resistência das rochas à erosão mecânica das ondas ou à erosão hídrica.

A fig. 27 sintetiza esses factores.

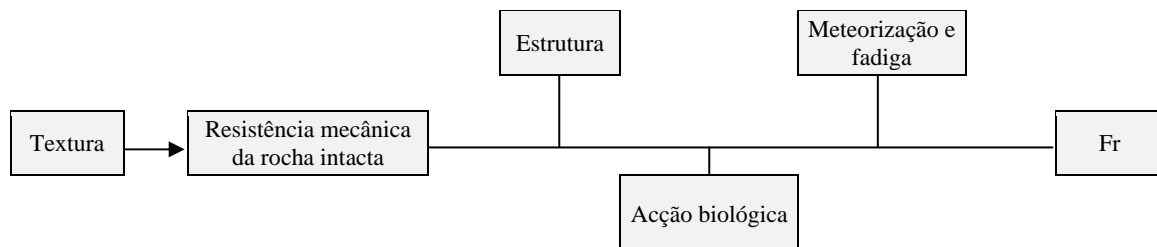


Fig. 27 – Factores que condicionam a força de resistência das rochas no sopé da arriba (Fr). Extraído de Neves *et al.*, 2002.

Merecem destaque as características estruturais que condicionam a força de resistência das rochas no sopé das arribas (Fr; fig. 27), nomeadamente os relacionados com as discontinuidades existentes nos maciços rochosos, tendo conduzido Palstrom (1996) à definição do Índice de Massa Rochosa (*Rmi*) (fig. 28).

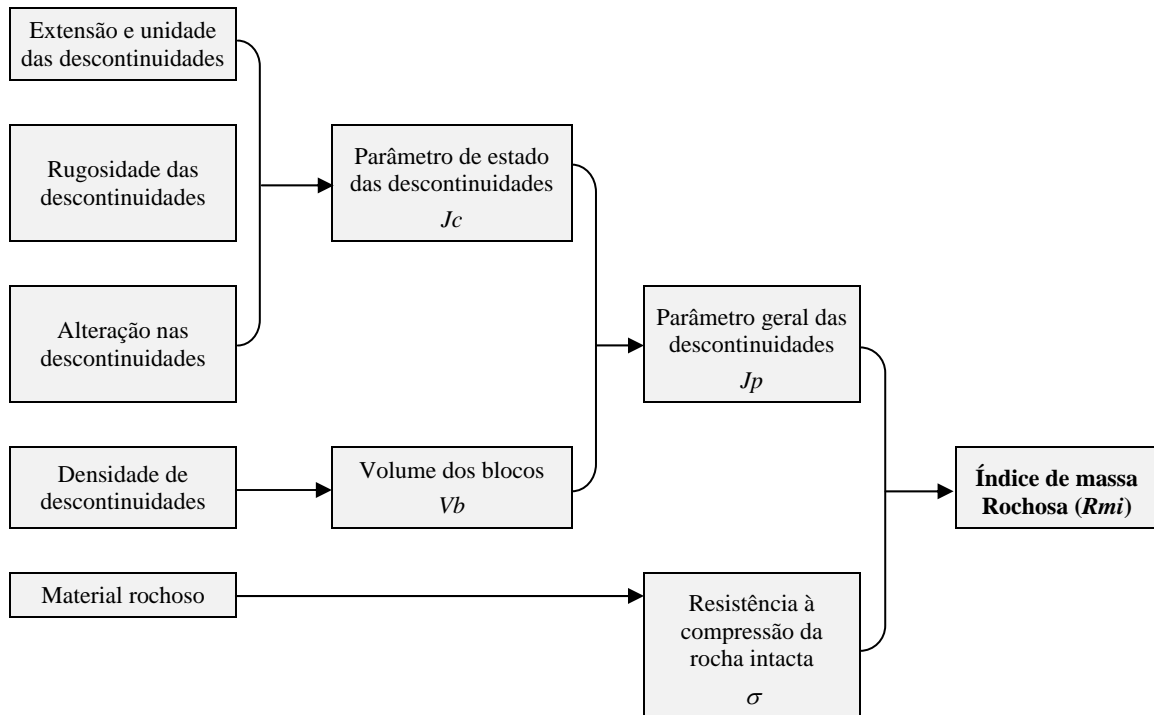


Fig. 28 – Parâmetros que influenciam a acção da ondulação, na dependência das características dos maciços rochosos, intervenientes no cálculo do Índice de Massa Rochosa (R_{mi}) Adaptado de Palmstrøm (1996), Neves *et al* (2002) e Neves (2005).

O levantamento das principais características geométricas e mecânicas das descontinuidades (extensão, rugosidade e alteração) deve seguir os procedimentos aconselhados pelo IRM (1978) com as modificações introduzidas por Palmstrøm (1996). O parâmetro do estado das descontinuidades (J_c) obtém-se:

$$J_c = J_t \left[\frac{J_r}{J_a} \right] \quad (\text{Eq. 13})$$

em que

J_t = extensão e persistência da descontinuidade
 J_r = rugosidade das descontinuidade
 J_a = alteração da descontinuidade

O volume dos blocos individualizados pelas famílias das descontinuidades (V_b) obtém-se:

$$V_b = \frac{\beta J_v^{-3}}{\text{sen}\gamma_1 \text{sen}\gamma_2 \text{sen}\gamma_3} \quad (\text{Eq. 14})$$

em que:

V_b = volume dos blocos em m^3
 β = parâmetro de forma dos blocos

J_v = número de descontinuidades por m^3

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ = ângulos entre os três principais conjuntos de descontinuidades

O parâmetro de forma dos blocos depende fundamentalmente das diferenças entre os espaçamentos das descontinuidades e corresponde a:

$$\beta = (\alpha_2 + \alpha_2 \cdot \alpha_3)^3 / (\alpha_2 \cdot \alpha_3) \quad (\text{Eq. 15})$$

em que α_2 e α_3 correspondem à razão entre o comprimento dos dois lados maiores dos blocos (S2 e S3) e o comprimento do lado menor (S1).

A fórmula de cálculo do parâmetro geral das descontinuidades (J_p) é a seguinte:

$$J_p = 0,2 (J_c)^{1/2} V b^D \quad (\text{Eq. 16})$$

em que $D = 0,37 J_c^{0,2}$

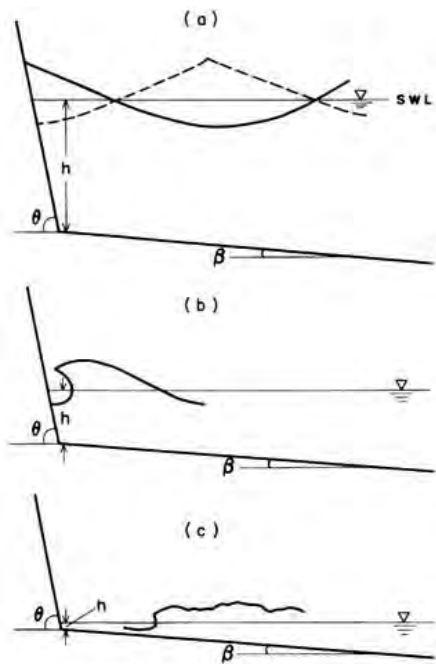
O Índice de Massa Rochosa, que representa a força da resistência mecânica da massa rochosa (Fr), em ton/m^2 , pode ser expresso:

$$R_{mi} = \sigma_c J_p \quad (\text{Eq. 17})$$

em que:

σ_c = resistência à compressão da rocha intacta, que pode ser avaliada com recurso ao Martelo de Schmit.

2.2. A importância do clima de agitação marítima

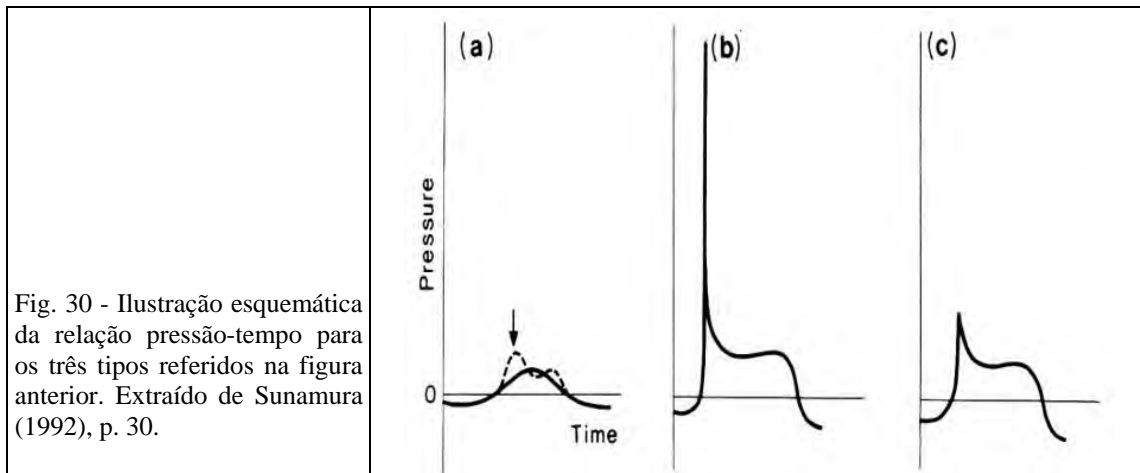


A pressão hidráulica exercida na base da arribada e que comanda a sua evolução depende do tipo de ondas que atinge o seu sopé, da espessura da coluna de água no sopé da arribada (h) e da espessura da coluna de água na rebentação (h_b ; fig. 29). Assim, quando $h > h_b$ geram-se ondas não rebentadas (*standing waves*) por reflexão no sopé da arribada, se $h = h_b$ produz-se a rebentação das ondas (*breaking waves*) e $h < h_b$ geram-se ondas rebentadas (*broken waves*).

Fig. 29 - Tipos de ondas na base da arribada. β corresponde ao declive da superfície adjacente à arribada. Extraído de Sunamura (1992), p. 29.

A pressão exercida no sopé da arribada nestas três diferentes condições é diversa, sendo

máxima quando a onda rebenta no sopé (fig. 30).



Nos litorais de arriba, estão presentes dois tipos de força que comandam a sua evolução: a força das ondas e a e a resistência mecânica das rochas; quando a primeira supera a segunda ocorre erosão, em termos gerais.

A força erosiva das ondas (F_w) expressa-se, segundo Sunamura (1992):

$$F_w = A\rho gH \quad (\text{Eq. 18})$$

em que:

A é uma constante não dimensional onde se inclui o efeito dos sedimentos que actuam como elementos abrasivos

ρ densidade da água salgada

g aceleração da gravidade

H altura da onda na base da arriba

A força erosiva das ondas (F_w) é condicionada por um conjunto de factores que se sistematizam na fig. 31.

Os diferentes tipos de onda no sopé da arriba exercem pressões diferentes, sendo as ondas em rebentação aquelas que exercem maior pressão. Para o seu cálculo utilizam-se as fórmulas de Tsujimoto (1987) e Sunamura (1992).

Os diversos procedimentos apresentados acima permitem o uso do modelo ALFA (Avaliação do Limite da Força de Resistência das Arribas ao ataque erosivo da ondulação) desenvolvido por Neves (2005).

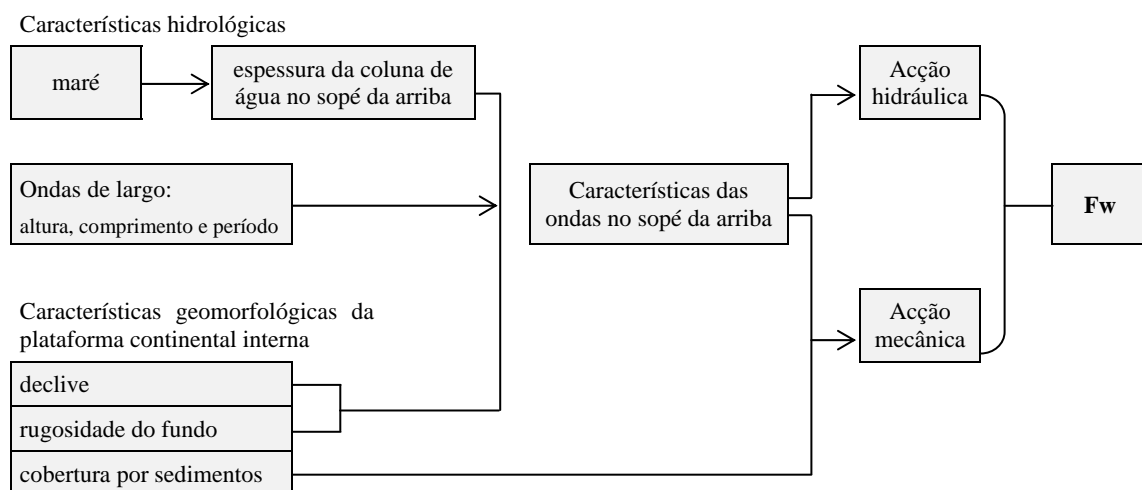


Fig. 31 - Factores que condicionam a força erosiva das ondas no sopé da arriba (Fw). Extraído de Neves *et al* (2002).

2.3. A *dinâmica continental*

No que respeita *dinâmica continental*, privilegia-se a erosão hídrica, dependente das características texturais e estruturais das rochas cortadas em arriba e do regime da precipitação. A concentração dos episódios chuvosos ou, pelo contrário, a repartição regular das chuvas têm consequência diversa nos processos de evolução das arribas, desencadeando processos de massa e/ou de erosão hídrica.

2.4. A *acção antrópica*.

A ocupação do topo das arribas, nomeadamente com habitações e vias de comunicação, traduz-se num aumento da carga e das vibrações sobre as rochas da arriba, aumentando o ritmo de evolução.

3. Os principais processos e evolução e seus factores condicionantes

As arribas, como sistemas litorais de interface, evoluem por processos marinhos e continentais.

3.1. Os *processos marinhos*

A evolução da arriba é comandada pelos processos de erosão que ocorrem no seu sopé. Pode tratar-se da erosão (abrasão) provocada apenas pela rebentação das ondas ou pela corrente de afluxo, que podem mobilizar areia, seixos, balastros ou até grandes blocos. É o *sapamento* da base da arriba. Este processo é mais efectivo quando ao sopé da

arriba chegam sedimentos animados pela corrente de afluxo, designando então o processo por *metralhagem*.

3.2. Os processos continentais

Os processos continentais são os mesmos que actuam em qualquer vertente. As arribas apenas se distinguem das vertentes porque o sapamento aqui produzido é originado pelo mar, com um ritmo diário, de acordo com a sucessão dos estádios da maré. Esse sapamento constitui uma forma de instabilização da arriba, que dependendo dos factores marinhos e dos relacionados com as características das rochas, pode desencadear um conjunto de processos como desabamentos, deslizamentos e escoadas (figs. 32 e 33). As tempestades (no mar) e as chuvas concentradas constituem-se como factores desencadeantes.

A erosão hídrica (sulcagem e ravinamento) é outros dos processos que, dependente do regime da precipitação e da textura e estruturas das rochas afecta as arribas (fig. 34).

3.3. Processos biológicos

Dependendo das características das rochas e da fauna presente, a acção dos seres vivos traduz-se fundamentalmente na desagregação das rochas talhadas em arriba e no escavamento de pequenos túneis que contribuem para a perda de resistência da rocha, quer aos processos marinhos quer aos continentais (fig. 35). No que respeita aos primeiros, deve salientar-se a acção de pressão e sucção do ar contida nos túneis, na sequência do afluxo e refluxo, o que gera estados de tensão e descompressão na rocha. A acção continuada desta acção compressão-descompressão constitui um factor a ter em conta na evolução das arribas.



Fig. 32 - Exemplo de desabamento, no litoral meridional, na praia do Martinhal.



Fig. 33 - Exemplo de um deslizamento complexo, no litoral meridional, entre Lagos e Porto de Mós.



Fig. 34 - Exemplo de ravinamento, no litoral meridional, na praia de Porto de Mós.



Fig. 35 – Arriba da praia do Martinhal, Algarve meridional, talhada em material detrítico e colonizada por diversos tipos de insectos. O resultado da actividade destes seres vivos é a desagregação da rocha, testemunhada pela areia vermelha, que vai caindo sobre a areia de praia (branca).

AULAS PRÁTICAS

As aulas práticas da II Parte são constituídas por aulas de campo, aulas de laboratório e aulas de discussão dos resultados.

Estudo das praias:

- (i) reconhecimento das diversas faixas da praia e dos seus elementos constituintes;
- (ii) levantamento dos perfis de praia em locais seleccionados, com recurso a DGPS e Estação Total;
- (iii) análise dos dados climatológicos (pressão e vento) dos 5 dias que antecedem a análise de campo;
- (iv) análise dos dados da ondulação de largo;
- (v) estimativa da altura das ondas na rebentação com recurso à régua de ondulação;
- (vi) tratamento e discussão dos dados topográficos recolhidos nas praias e sua relação com o clima de agitação marítima e os elementos climáticos relevantes (variação estacional do perfil);
- (vii) recolha criteriosa de amostras de areias nas várias faixas da praia;
- (viii) tratamento laboratorial das amostras e cálculo e comparação dos parâmetros estatísticos;
- (ix) ensaios com traçadores – fluorescentes ou simplesmente areias coloridas e avaliação da dispersão num ciclo de maré; estimativa da deriva de praia;
- (x) ensaios com correntómetros nos agueiros para determinação da velocidade da corrente.

Estudo das dunas:

- (i) reconhecimento das formas dunares;
- (ii) levantamentos de perfis de campos dunares em dois momentos distintos e avaliação da sua dinâmica;
- (iii) avaliação do grau de vulnerabilidade biofísica das dunas através da aplicação da lista de controlo, extraída de Pereira e Laranjeira (2002).

LISTA DE CONTROLO DA VULNERABILIDADE BIOFÍSICA DOS SISTEMAS DUNARES

A - ausência; P - presença; D - Desnecessário; N - Necessário

Componente da vulnerabilidade biofísica e variáveis utilizadas			Nível de vulnerabilidade		
			0	1	2
Erosão dunar	pelo mar	arriba talhada em duna, em % do comprimento da duna frontal	A	P em <50%	P em >50%
		altura da arriba em duna, em % da altura da duna	P em <25%	em 25% - 50%	em >50%
		galgamento(s) oceânico(s) recentes	A		P
	pelo vento e pelo homem	brechas (b) activas em % do sistema dunar	A ou brechas pouco incisas (<1m) em <50%	P brechas pouco incisas (<1m) em >50% ou P de brechas profundas (>1m) em <50%	P de brechas profundas (>1m) e /ou largas (>2m) em >50%
		<i>blowouts</i> activos, em área do sistema dunar	A	P de <i>blowouts</i> incipientes em <1/3 ou P de <i>blowout</i> bem formado, amplo, em <1/3	P de <i>blowouts</i> incipientes em >1/3 ou P de <i>blowout(s)</i> bem formado(s), amplo(s), em >1/3
		Areia soprada para fora do sistema dunar	A de vestígios	formam-se pequenas acumulações de areia	acumulação de areia causa danos e justifica uma intervenção
Alimentação em areia	dunas embrionárias a barlavento em % do sistema dunar	P em >50%	P em < 50%	A	
	colmatação de brechas com dunas embrionárias	em >50% das brechas	em <50% das brechas	A	
	colmatação de <i>blowouts</i> com dunas embrionárias	em >50% de <i>blowouts</i> incipientes ou amplos	em <50% de <i>blowouts</i> incipientes ou amplos	A	
	colmatação de galgamentos oceânicos com dunas embrionárias	com reconstituição parcial do cordão dunar	com formação de dunas embrionárias isoladas	A	
Fixação das areias pela vegetação	superfície do sistema dunar não vegetada	em <25%	em 25% - 75%	em >75%	
	frente dunar vegetada	em >50%	em 10% 50%	em <10%	
	estado de danificação da vegetação (remoção ou plantas com raízes ex-postas) em % da superfície dunar vegetada	em <25%	em 25% - 75%	em >75%	

Componente da vulnerabilidade biofísica e variáveis utilizadas		Nível de vulnerabilidade			
		0	1	2	
Pressão de uso na duna /Degradação da duna	rede de caminhos de acesso à praia pela duna (F - frequência de caminhos por 100m de frente dunar)	pouco densa e aberta em pontos específicos (F≤1)	muito densa, aberta em pontos específicos ou pouco densa e difusa (1≤F≤4)	muito densa e difusa (F≥4)	
	incisão de caminhos	pequena (<1m)	moderada (1-2m)	profunda (>2m)	
	viaturas motorizadas	Nenhuma	algumas, trilhos localizados	muitas, trilhos difusos	
	equitação	Nenhuma	alguma, trilhos localizados	muita, trilhos difusos	
	parque de campismo em área da duna	Nenhum	ocupando <1/4	ocupando >1/4	
	construção em área da duna	Nenhuma	isolada ou dispersa em <1/4	dispersa em >1/4 ou concentrada	
	extracção de inertes em área da duna	Nenhuma	causando destruição de <1/4	causando destruição de >1/4	
	actividades ligadas à pesca	A ou P sem afectar a duna	causando destruição de <1/4 da duna	causando destruição de >1/4 da duna	
	campo de golfe, de vólei, outros	Nenhum	ocupando parcialmente a duna	ocupando totalmente a duna	
Ordenamento e gestão	Medidas gerais	ordenamento dos caminhos	total, passagens sobrelevadas	parcial, passadeiras	A
		painéis de informação	P, bem concebidos e em pontos estratégicos	P, degradados e mal colocados	A
		vigilância e controlo de viaturas	P e eficaz ou não necessário	insuficiente ⁽¹⁾	A
		vigilância e controlo de equitação	P e eficaz ou não necessário	insuficiente ⁽¹⁾	A
		vigilância e controlo de construção	P e eficaz ou não necessário	insuficiente ⁽¹⁾	A
		vigilância e controlo de extracção de inertes	P e eficaz ou não necessário	insuficiente ⁽¹⁾	A
		vigilância e controlo das actividades ligadas à pesca	P e eficaz ou não necessário	insuficiente ⁽¹⁾	A
	Medidas específicas	armadilhas de areia	A e D ou P em todas as áreas de deflação	A ou insuficiente, mas necessário em <25% da duna	A ou insuficiente, mas necessário em >25% da duna
		plantação nas áreas com areias móveis	A e D ou P em áreas estratégicas (2)	A ou insuficiente, mas necessário em <25% da duna	A ou insuficiente, mas necessário em >25% da duna
		alimentação da praia ou duna	D	P, com resultados duradouros	N ou P, sem resultados duradouros
		restrição do acesso	A e D ou P em áreas estratégicas	A ou insuficiente, mas necessário em <25% da duna	A ou insuficiente, mas necessário em >25% da duna
		obras costeiras	A	P, perpendiculares à linha de costa (LC), a sotamar	P, longitudinais, aderentes e/ou P, perpendiculares à LC, a barlamar

(1) Degradação visível e/ou protecção pela legislação não eficientemente aplicada.

(2) Áreas onde a colonização vegetal deverá promover a fixação das areias e o crescimento da duna, obedecendo a um programa de revegetação dunar.

Factor da vulnerabilidade biofísica dunar variáveis utilizadas		Grau de limitação à transgressão dunar		
		0 (não influencia a vulnerabilidade dunar)	1 (condiciona a vulnerabilidade dunar)	2 (determina elevada vulnerabilidade dunar)
Uso do solo marginal à duna (1) como obstáculo à transgressão dunar	solo não urbanizado	>75% de área de mato	>75% de área florestada	A ou >50% de área agricultada
	solo urbanizado	A	>50% de área urbana dispersa	>50% de área urbana concentrada
	outros espaços ordenados	A	>50% com campos desportivos, parques de campismo, outros	
	vias de comunicação	caminhos florestais	estradas municipais, com pouco tráfego	estradas nacionais; vias rápidas; estradas municipais, com muito tráfego; caminho de ferro

Factor da vulnerabilidade biofísica dunar variáveis utilizadas		Pressão estimada de visitantes		
		0 (não influencia a vulnerabilidade dunar)	1 (condiciona a vulnerabilidade dunar)	2 (determina elevada vulnerabilidade dunar)
Atractividade recreativa e turística da duna	Capacidade de alojamento na área enquadrante	A ou alojamento limitado em meio rural	Moderada em meio rural e/ou urbano (parque de campismo/aldeamento turístico, residenciais, aluguer de quartos e casas individuais, residência secundária)	Elevada em meio rural e/ou urbano (vários parques de campismo/aldeamentos turísticos, residenciais, hotéis, aluguer de quartos e casas individuais, residência secundária)
	condições de acesso e estacionamento	A ou más	razoáveis	boas
	espaços de lazer (parque de merendas, outros)	A	P, mal conservados	P, em bom estado de conservação
	nível de desenvolvimento da actividade banhar	praia em meio rural, sem vigilância, nem estruturas de apoio	praia em meio rural, com vigilância e estruturas de apoio (bares)	praia em meio urbano, com vigilância, estruturas de apoio (bares, sanitários, áreas de barracas) e área destinada a jogos

(1) largura da faixa considerada em função das taxas de recuo da linha de costa em 50 anos

Estudo das arribas:

- (i) avaliação, no campo, dos factores em troços de arriba seleccionados;
- (ii) ensaios com o martelo de Schmit;
- (iii) recolha de dados com vista ao cálculo do índice de massa rochosa;
- (iv) identificação dos processos de evolução;
- (v) monitorização de arribas.

PARTE III

ORDENAMIENTO LITORAL

VII. O LITORAL NO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

1. O conceito de litoral em ordenamento

O litoral ou “zona” costeira (*coastal zone*), no quadro do ordenamento do território tem-se distinguindo da definição usada por cientistas de diversas especialidades (Parte I). Enquanto os segundos não impõem balizas rígidas à definição desta faixa o mesmo não tem sucedido no quadro do ordenamento, embora a situação tenha vindo a modificar-se. O NOAA Coastal Service Centre (National Oceanic and Atmospheric Administration), dos Estados Unidos, propõe que seja considerada uma faixa de terra com largura e comprimento indefinidos (pode ter dezenas de km) que se estende desde a linha de costa até aos primeiros acidentes morfológicos⁵.

No mesmo sentido, as Nações Unidas definem litoral como a área de terra sujeita a influência marinha e área marinha sujeita a influência terrestre, com três componentes: o mar, a praia e a terra para o lado do continente, em que:

- Mar: estende-se desde o nível de maré baixa para o largo;
- Praia: desde o nível de maré baixa até ao limite da vegetação costeira⁶.
- Terra para o lado do continente: extensão para terra a partir do fim da praia, com largura variável de país para país.

Os documentos emanados do Conselho da Europa apontam também para definições não rígidas (Anexo 10).

Nos Estados Unidos, por exemplo, a "*coastal zone is defined as the coastal waters ... and the adjacent shorelands strongly influenced by each other, and in proximity to the shorelines*" (Coastal Zone Management Act of 1972, 16 United States Code Annotated s 1453). No Reino Unido não existe um conceito legal, mas diferentes classificações de áreas e águas costeiras. Na Nova Zelândia a zona costeira é definida como a área entre o limite da maré-alta viva médias e 400m para o largo⁷.

⁵ <http://www.csc.noaa.gov/ptd/glossary.htm>

⁶ <http://www.cep.unep.org/issues/czm.php#coastal>

⁷ wastewater.tauranga.govt.nz/definitions/; <http://web.uct.ac.za/depts/pbl/jgibson/iczm/notes/note1.htm>

Anexo 10

Algumas definições do Conselho da Europa

		Conceitos
Conselho da Europa Abril 1999	European Code of Conduct for Coastal Zones	<p>Linha de costa – fronteira entre a terra e o mar.</p> <p>Zona costeira – área de largura indeterminada, que inclui terra e mar, incluindo por vezes bacias hidrográficas; grande variedade de definições actualmente em uso. Genericamente pode de ser assumida uma área com alguns km.</p> <p>Faixa costeira – faixa estreita de terra que bordeja a linha de costa, estendendo-se algumas centenas de m para o lado de terra.</p> <p>Área ou região costeira – termo geral que descreve locais que são influenciados pelo mar devido à proximidade deste.</p>
Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro de 2000	Estabelece o quadro de acção comunitária no domínio da política da água (Directiva Quadro da Água)	<p>Águas de transição: massas de águas de superfície na proximidade da foz dos rios, que têm um carácter parcialmente salgado, mas que são significativamente influenciadas por cursos de água doce.</p> <p>Águas costeiras: águas de superfície que se encontram entre terra e uma linha cujos pontos de encontram a uma distância de uma milha náutica, na direcção do mar, a partir do ponto mais próximo da linha de base e de delimitação das águas territoriais, estendendo-se, quando aplicável, até ao limite exterior das águas de transição.</p>
Para uma Estratégia Europeia de GIZC – Princípios Gerais e Opções Políticas	Programa de Demonstração sobre Gestão Integrada das Zonas Costeiras da U.E. (1997-1999)	<p>Zona costeira - faixa de terra e mar com largura variável em função da natureza do ambiente e das necessidades de ordenamento. Corresponde aproximadamente às unidades administrativas ou de planeamento. Os sistemas naturais costeiros e as áreas nas quais as actividades humanas envolvem o uso de recursos costeiros podem, portanto, estender-se bem para além das águas territoriais e vários km para o interior.</p> <p>http://www.europa.eu.int/comm/environment/iczm/situation.htm</p>

Contudo, para efeitos de ordenamento do território são várias as propostas para a definição do limite interior da faixa litoral ou zona costeira (Quadro 2). O principal problema de definição destas linhas é a de não terem em atenção a diversidade dos sistemas costeiros e as variações das suas dimensões espaciais.

No que respeita ao litoral submerso, a diversidade de delimitações é muito menor. A FAO⁸ propõe a consideração da região de águas pouco profundas em que a penetração da luz ocorre até ao fundo; tipicamente ocupada por plantas enraizadas. Engloba a denominada zona fótica e o valor adoptado para a sua definição exterior tem sido a profundidade de 30m. Este valor é também discutível dadas as características físicas submersas.

⁸ <http://www.fao.org/fi/glossary/default.asp>

Quadro 2 - Definição do limite interior da faixa litoral ou zona costeira.

Dinamarca	1. Zona de protecção de praia: 300 m 2. Zona de protecção à construção: 3 km	1. Proíbe a construção (com algumas excepções), levantamento de cercas e estacionamento de caravanas. 2. Restrição de planeamento para novas actividades.
Inglaterra	Curva de nível dos 5m, recentemente usada em algumas localidades, para protecção à erosão litoral e às inundações.	
Finlândia	Directivas: Faixa de 100m (pode ser aumentada para 200m) ao longo da linha de costa; ordenamento obrigatório.	Directivas de ordenamento do Ministério do Ambiente. Análise caso a caso.
Alemanha	Lower Saxony: 50 m a partir dos diques de protecção, onde todas as construções estão proibidas. Schleswig-Holstein: faixa de protecção de 100m. Mecklenburg-Vorpommern: faixa de protecção de 200m.	Directiva de política nacional.
Noruega	Faixa de 100m da linha de costa; construção proibida	Concebido essencialmente para o controlo da erosão e protecção das inundações, mas também para a conservação da natureza. No interior destas faixas a construção requer aprovação do “Maritime Office”.
Polónia	Uma “faixa técnica” e uma “faixa de protecção”. A definição e dimensão da faixa técnica variam dependendo do tipo de costa: <i>Dunas</i> : Praia, dunas e até 200m a partir das dunas. <i>Arribas</i> : Base da arriba, arriba e até 100m desde o topo da arriba. <i>Zonas costeiras com lagoa</i> : até 200m desde a linha de costa ou entre a linha de costa e diques de protecção de inundações. <i>Faixa de protecção</i> : faixa de 2km desde a linha de costa; funciona como zona tampão da faixa técnica.	
Espanha	1. Zona de servidão à protecção: mínimo 100m (pode estender-se até 200m); 2. Zona de servidão à passagem: Faixa de 6m (pode estender-se até 20m) desde a linha de costa – acesso permanentemente livre para peões e acções de busca e salvamento; 3. Zona de servidão de acesso público ao mar: fora das zonas protegidas é de 500m para veículos motorizados e 200m para acesso pedonal; 4. Zona de influência: até 500m da linha de costa, com densidade de construção restrita e espaço para estacionamento de carros obrigatório.	As servidões ao abrigo da “National Shores Act” impõem restrições à ocupação do território e ao exercício dos direitos de propriedade privada.
Suécia	100m para ambos os lados da linha de costa. Pode estender-se até aos 300m.	Ao abrigo do novo Código Ambiental: zona reservada para actividades recreativas, ao ar livre e protecção da natureza; proibição de todas as novas construções (pode haver excepções)
Turquia	Faixa com um mínimo de 100m de largura a partir da linha de costa, dividida em duas zonas: - nos primeiros 50m, estão vedadas à construção (excepto isenções em que é essencial a permissão de uso); é uma faixa para acesso público e actividades recreativa; - últimos 50m (ou mais), são permitidas infra-estruturas de apoio ao turismo desde que sujeitas à permissão e devidamente enquadradas pelos instrumentos de ordenamento e gestão.	A aplicação efectiva da política de planeamento da faixa costeira depende da definição precisa e do desenho do limite da linha costeira – na prática, não se prevê uma fácil aplicação.

Elaborado pelo Grupo de Trabalho para a preparação de uma *Estratégia de Ordenamento e Gestão da Zona Litoral* (Portugal).

2. O litoral na legislação portuguesa

À semelhança do que sucede noutros países, também na legislação portuguesa não há uma terminologia uniforme e a existente é bastante complexa (Anexo 11). Este facto repercute-se na dimensão das áreas abrangidas pelas diversas figuras legislativas que não têm em atenção o suporte físico do território litoral (emerso e submerso).

Anexo 11

Alguns marcos na evolução dos conceitos relacionados com o litoral/zona costeira

<i>Decreto-Lei n.º 468/71 de 5 de Novembro</i> (DPM)	Leito das águas do mar: entre a linha de MPMAVE + espraiamento das vagas em condições médias de agitação; Margem: 50m, contados a partir da MPMAVE ou do bordo da arriba / terreno com natureza de praia; Zonas adjacentes: zona ameaçada pelo mar (classificada por decreto).
<i>Decreto-Lei n.º 93/90 de 19 de Março</i> (REN)	REN litoral: Praias; dunas litorais, primárias e secundárias; arribas ou falésias + faixas de protecção variáveis (200m nas medidas transitórias). Na ausência de dunas e arribas, faixa que assegure protecção (500m a partir da MPMAVE). Faixa entre MPMAVE e a batimétrica dos 30m: Estuários, lagoas costeiras e zonas húmidas adjacentes + faixa de protecção delimitada para além da MPMAVE (200m); - Ilhas, ilhéus e rochedos emersos do mar; - Sapais;- Restingas; - Tómbolos.
<i>Decreto-Lei n.º 302/90 de 26 de Setembro</i> (Princípios de ocupação uso e transformação da faixa costeira)	Faixa costeira: banda ao longo da costa marítima com largura limitada pela linha de MPMAVE e a linha situada 2km para o interior daquela.
<i>Decreto-Lei n.º 309/93 de 2 de Setembro</i> (POOC)	Orla costeira: domínio público marítimo + faixa de protecção terrestre com largura máxima de 500m contada da linha que limita a margem das águas do mar + faixa marítima de protecção, até à batimétrica dos 30m.
<i>Resolução do Conselho de Ministros n.º 86/98, de 10 de Julho</i> (Estratégia do Governo para a orla costeira)	
<i>Direcção Geral do Ambiente</i> R.do Estado do Ambiente 1998 2.4. Ambientes Marinho e Costeiro	Litoral - interface entre o oceano e o continente.
CNADS – Maio 2001 (Reflexão sobre o Desenvolvimento Sustentável da Zona Costeira)	Zona Costeira: interface entre o mar e a terra; interface biofísica e geoquímica entre o oceano, a terra e a biosfera; interface entre o oceano e o continente.
<i>Decreto-Lei n.º 112/2002 de 17 de Abril</i> (Plano Nacional da Água)	Águas estuarinas: águas marítimas interiores (com maior ou menor concentração de água doce), entre o local até onde se fazem sentir as correntes de maré e a foz. Águas costeiras: parte das de águas marítimas territoriais, correspondendo à denominada «faixa marítima de protecção». Do interior para o mar: a) <i>Nos cursos de água;</i> a1) águas interiores , até ao limite das águas doces; a2) águas estuarinas (marítimas interiores), a partir desse limite e até à foz; a3) águas costeiras (marítimas territoriais), entre a foz a batimétrica dos 30 (faixa marítima de protecção). b) <i>Na costa:</i> b1) águas marítimas interiores , entre a linha da preia-mar e a linha de base, as águas; b2) águas costeiras (marítimas territoriais) entre a linha de base normal e a batimétrica 30 (faixa marítima de protecção); Águas marítimas territoriais: a partir da linha de base e até à distância de 12 milhas.
<i>Despacho n.º 4/2005, MAOTDR</i> Política de Ord., Pl. e Gestão da Zona Costeira Port.	Costa portuguesa – interface biofísica entre a “terra” e o “mar”.
<i>Resolução de Conselho de Ministros n.º 112/2005 de 30 de Junho</i> (Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável)	
<i>Resolução de Conselho de Ministros n.º 76/2002, de 11 de Abril</i> (Plano Nacional Política Ordenamento Território).	
<i>Despacho n.º 19 212/2005, de 3 de Agosto de 2005 do Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente</i> (Estratégia para a Gestão Integrada da Zona Costeira)	

A figura 36, adaptada do Programa Finisterra, no âmbito da Estratégia para a Gestão Integrada da Zona Costeira Nacional, evidencia, para diversas figuras legislativas, a situação existente.

3. O conceito de ordenamento e gestão integrada

O primeiro grande passo, no quadro europeu e no que respeita ao litoral, foi o de se ter reconhecido, em 1991, com *Carta Europeia do Litoral*, que o litoral é uma unidade de ordenamento de abordagem integrada.

Os princípios básicos em que assenta o Programa das Nações Unidas para o Ambiente, no que se refere ao litoral são (UNEP, 1995):

- o litoral é um sistema único de recursos que requer abordagens de ordenamento e gestão únicas;
- o interface terra mar é um elemento integrador do sistema de recursos litorais;
- o uso do território e do mar deve ser planeado e ordenado de maneira combinada (integrada);
- os limites interno e externo do litoral devem ser considerados de forma adaptativa no tempo, no quadro do ordenamento e gestão;
- as responsabilidades institucionais de ordenamento e gestão do litoral devem envolver todos os níveis;
- a evolução do custo-benefício e participação pública são componentes importantes do ordenamento do litoral;
- a conservação é um objectivo no quadro do desenvolvimento sustentável;
- as abordagens multisectoriais são fundamentais no uso sustentável dos recursos, porque envolvem interacções multisectoriais⁹.

Tendo em conta esses princípios, processo de Gestão Integrada da Zona Costeira (*GIZC*) engloba quatro passos, esquematizados na figura 37.

A evolução científica, a densidade de ocupação do espaço litoral e as intervenções a que tem vindo a ser sujeito conduziram ao conceito de ordenamento e gestão integrada do litoral (*Integrated Coastal Zone Management – ICZM* ou simplesmente Gestão Integrada da Zona Costeira - *GIZC*) (Anexo 12).

⁹ http://www.iaia.org/Non_Members/Conference/SEA%20Prague/Topic%20Papers/B5%20Coastal%20management.doc

DEFINIÇÃO DA ZONA(S) DE INFLUÊNCIA DO PLANO ESTRATÉGICO DE GIZC (TENDO EM CONTA AS DISPOSIÇÕES LEGAIS PARA O CONTINENTE)

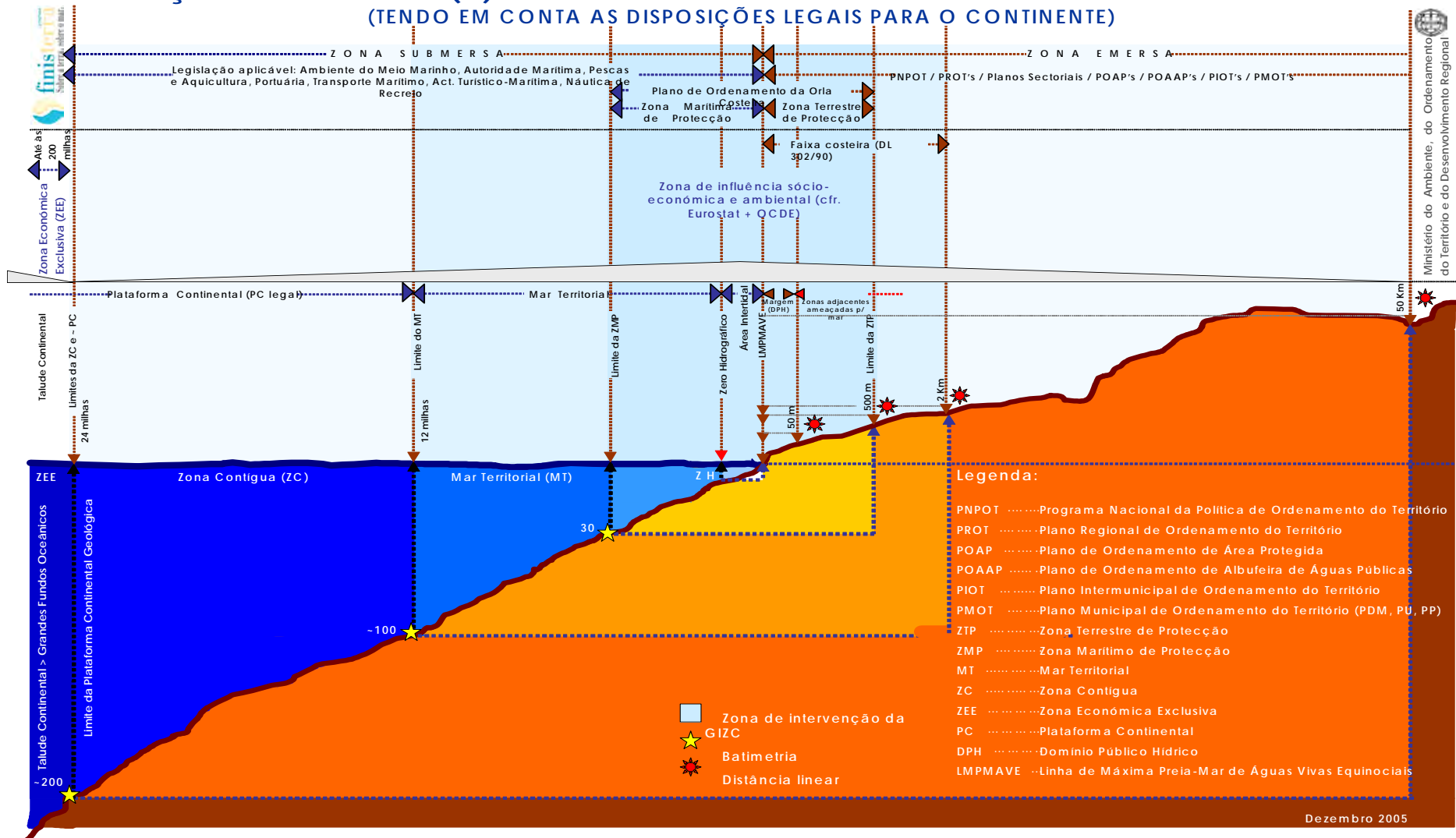


Fig. 36 – Abrangência de diferentes figuras legislativas no espaço litoral. Adaptado do programa Finisterra para a Estratégia da Gestão Integrada da Zona Costeira nacional.

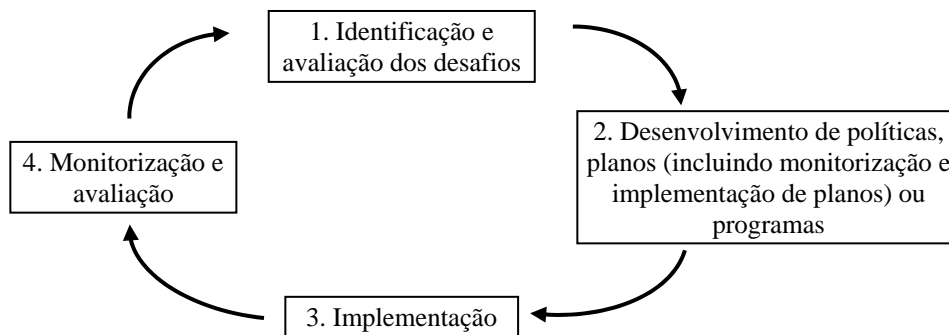


Fig. 37 - Os vários passos no processo de GIZC (Olsen *et al.*, 1998 & Gerges, 2002, em UNEO, 1995). http://www.globaloceans.org/story/icm_coast.html

A *GIZC* é um processo dinâmico, multidisciplinar e interactivo, promotor do ordenamento sustentável do litoral. Implica um ciclo completo que inclui uma base de dados, o planeamento, ordenamento e monitorização da implementação. *GIZC* visa assegurar um equilíbrio entre os objectivos ambientais, económicos sociais, culturais e recreativos, dentro dos limites estabelecidos pelas dinâmicas naturais.

'Integrado' em *GIZC* refere-se à integração (i) de objectivos e também dos vários instrumentos necessários para alcançar os objectivos; (ii) de todas as áreas políticas, sectores e níveis da administração; (iii) das componentes terrestres e marinhas no espaço e no tempo.

Ressalta do referido a importância que tem o acompanhamento (monitorização) das dinâmicas litorais, que são muito diversas nos vários troços.

4. As opções de ordenamento e gestão em litorais baixos e arenosos

Este tipo de troço litoral, constituído por material solto e móvel, é particularmente susceptível aos elementos forçadores, cuja variabilidade foi anteriormente referida. Esse facto deve-se não só à subida eustática do nível do mar, mas sobretudo à ocorrência de temporais, associados a *storm surge*, cada vez mais frequentes, e à diminuição do afluxo de sedimentos ao litoral, relacionados com a impermeabilização dos continentes e com o ordenamento das bacias hidrográficas, nomeadamente a construção das barragens.

Por serem também troços litorais mais ou menos densamente ocupados, foi neles que primeiramente se reconheceram os fenómenos erosivos. Foi também neles que se iniciaram as obras de defesa costeira.

São vários os exemplos de opções de defesa costeira, que se iniciaram ainda no século XIX.

Anexo 12

Algumas definições de Ordenamento Integrado do Litoral e Áreas litorais de Ordenamento Integrado

Integrated coastal management requires balancing a wide range of ecological, social, cultural, governance and economic considerations
<http://www.cep.unep.org/issues/czm.php#def>

Integrated coastal zone management: the process of combining all aspects of the human, physical and biological aspects of the coastal zone within a single management framework
<http://www.fao.org/fi/glossary/default.asp>

Integrated Coastal Zone Management: the name given to the multidisciplinary process that brings all those involved in the development, management and use of the coast within a framework which facilitates the integration of their interests and responsibilities. The aim is to achieve common objectives, and to provide programmes for the protection and sustainable management of coastal resources and environments (Coastal Zone Canada Association 2000).
<http://www.scotland.gov.uk/cru/kd01/maroon/impczm-06.asp>

Integrated Coastal Zone Management: The idea of sustainable development is encapsulated in the ICZM concept. Can be defined as “a continuous and dynamic process by which decisions are taken for the sustainable use, development and protection of coastal and marine areas and resources” (Cicin-Sain & Knecht, 1998). Fundamental to ICZM are the understanding of the relationships between coastal resources, their uses and the mutual impacts of development on the economy and the environment. As coastal resources are used simultaneously by the different economic and social sectors, ICZM can only be accomplished when all these uses, users and relationships are clearly known (UNEP, 1995). In recent years, ICZM has become the umbrella term for the various names including: coastal zone management; integrated coastal zone planning; integrated coastal management; coastal area planning and/or management; and integrated coastal resources planning and/or management (Hildebrand, 2002).
http://www.iaia.org/Non_Members/Conference/SEA%20Prague/Topic%20Papers/B5%20Coastal%20management.doc

Integrated Coastal Area Management (ICAM) can be defined as a continuous and dynamic process by which decisions are taken for the sustainable use, development and protection of the coastal and marine areas and resources. ICAM acknowledges the interrelationships that exist among coastal and ocean uses and the environments they potentially affect, and is designed to overcome the fragmentation inherent in the sectoral management approach. ICAM is multi-purpose oriented. It analyses and addresses implications of development, conflicting uses, and interrelationships between physical processes and human activities, and it promotes linkages and harmonization among sectoral coastal and ocean activities” (Cicin-Sain & Knecht, 1998).
http://www.globaloceans.org/story/icm_coast.html

Integrated coastal area management: the dynamic process by which actions are taken for the use, development and protection of coastal resources and areas to achieve national goals established in co-operation with user groups and regional and local authorities
<http://www.fao.org/fi/glossary/default.asp>

De entre as opções possíveis para os troços costeiros em erosão, consideram-se o abandono ou a defesa costeira. Nesta última, dois tipos têm sido utilizados: a denominada protecção pesada, com estruturas de defesa, com o recurso a esporões, diques, quebra mares destacados, e a protecção ligeira. A primeira começou por ser inicialmente utilizada, mas, pelos problemas de erosão que desencadeia a sotamar, tem vindo a perder relevância em favor da protecção ligeira, salvo em áreas urbanas onde nenhuma outra hipótese é eficaz para assegurar a defesa de pessoas e bens.

A denominada “protecção pesada” perdurou durante toda a primeira metade do século passado, como medida quase exclusiva de defesa e prevenção, tendo-se, no entanto, verificado nalguns países a opção por protecção ligeira, com alimentação artificial das praias e reconstituição de dunas, em alguns troços litorais, já a partir da década de 1950, nos Estados Unidos, e da de 1960, na Europa. Contudo, na Europa, essa prática só começou a ser utilizada de forma mais frequente a partir dos anos de 1980. Houve experiências pontuais nalguns países, ditadas pelas exigências de turismo e lazer, como sucedeu em Portugal, onde a primeira alimentação artificial foi efectuada na Praia do Tamariz, no Estoril, em 1950, em que foram depositados 15 000 Mm³ de areia. A protecção ligeira é a opção mais frequente e actualmente utilizada no mundo ocidental (fig. 38).

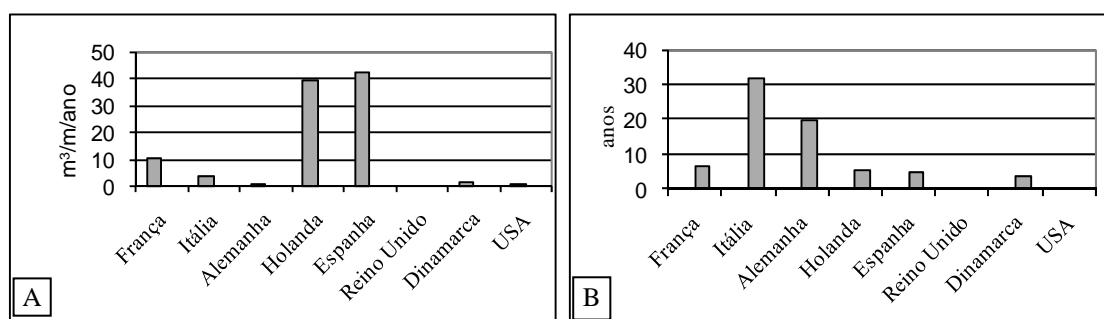


Fig. 38 - Volume da alimentação anual por m de linha de costa (A) e intervalo médio entre realimentações (B), de acordo com Hanson *et al*, 2002.

4.1. A situação nos Estados Unidos da América

À semelhança do que se passa noutros espaços mundiais, também nos Estados Unidos se verifica uma pressão crescente sobre os espaços litorais e os seus recursos, consequência do crescimento da população (Parte I).

A aprovação do *Coastal Zone Management Act*, em 1972, permitiu a elaboração de *The Coastal Zone Management Program (CZMP)*, que é implementado a nível federal pelos *Coastal Programs Division (CPD)* conjuntamente com o *National Oceanic and Atmospheric Administration's Office of Ocean and Coastal Resource Management (OCRM)*. Este Programa visa assegurar o desenvolvimento sustentável do litoral, compatibilizando interesses económicos, culturais e ambientais, à escala nacional.

Nos USA, a alimentação artificial da praia tornou-se, nos últimos 75 anos, a alternativa preferida para a protecção litoral e é suportada por governos federais e por investidores locais. A redução dos efeitos das tempestades é avaliada com recurso a modelos numéricos para um conjunto de episódios de tempestade.

4.2. A situação na Europa

Os litorais dos vários países europeus são morfologicamente muito diversos, estão submetidos a diferente intensidade dos elementos forçadores e têm opções e pressões de uso diversificadas. Neles, a erosão dos litorais baixos e arenosos é frequente e pode revestir-se de importância vital, como sucede na Holanda (fig.39).

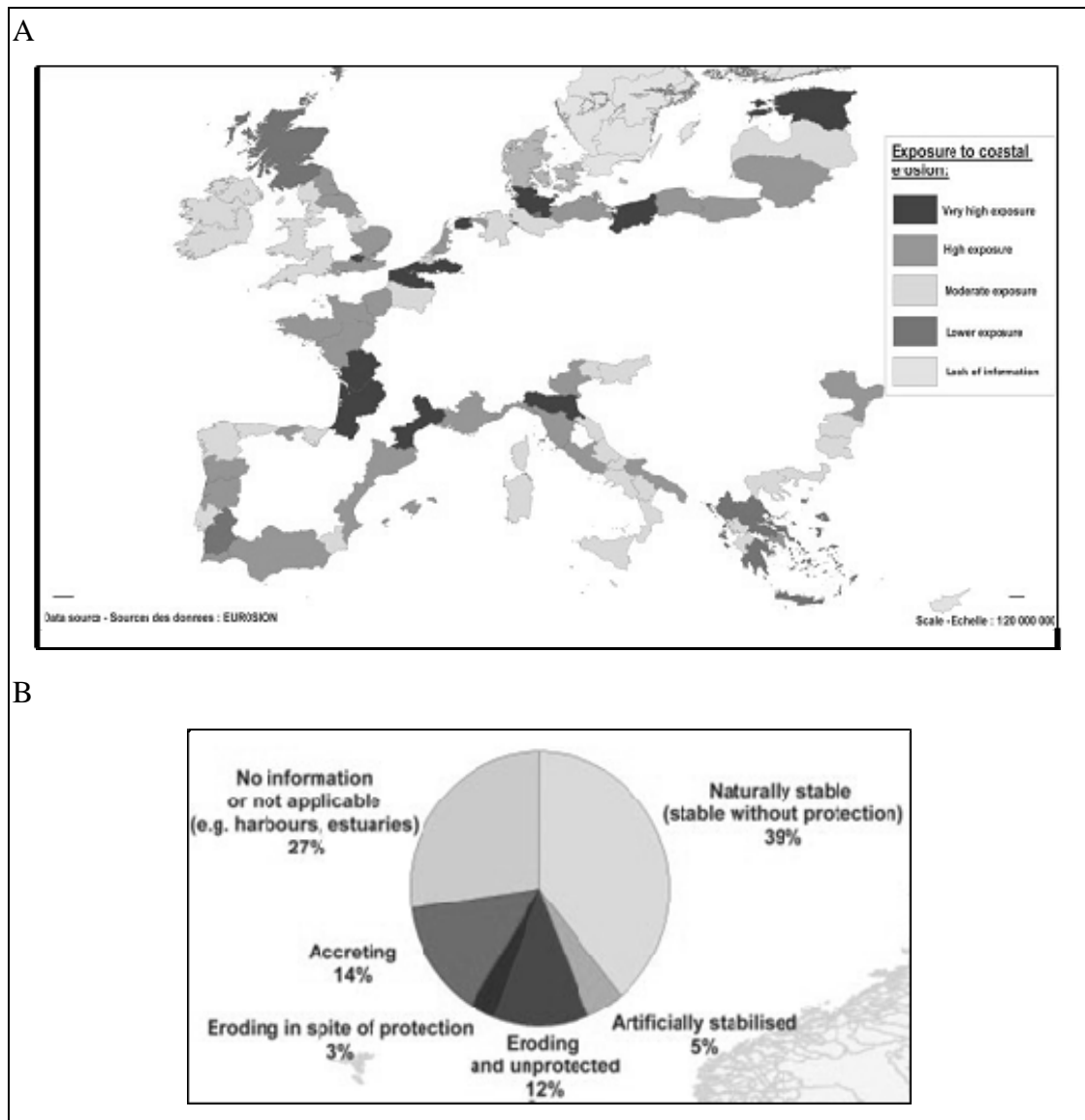


Fig. 39 - Situação dos litorais europeus, por NUTS 3, avaliado entre 1975-90 (total de linha de costa inventariada: 100 925km).

http://europa.eu.int/comm/environment/iczm/pdf/brochure_en.pdf

As opções de ordenamento litoral foram inicialmente nacionais. Hoje a Comunidade Europeia pretende implementar uma política estratégica comum de Ordenamento e

Gestão Integrada do Litoral ou da “Zona” Costeira (“Integrated Coastal Zone Management”) (*ICZM*)¹⁰.

A Itália, a França, a Espanha formam um conjunto de países onde a protecção litoral se reveste de grande importância, embora não esteja ainda amplamente implementada uma política de *ICZM*. O quadro 3 sintetiza, para esses países, alguns dados sobre as protecções litorais e o quadro legal.

A Itália, com 7 500 km de litoral, dos quais 1/5 é de costa baixa, iniciou a alimentação artificial das praias em 1969, muitas vezes em complemento com protecção pesada da linha de costa. Salvo para o caso do lido de Venezia, não existe no país uma estratégia de longo prazo de ordenamento e gestão do litoral, nem é efectuada uma monitorização sistemática das acções desenvolvidas. A gestão tem sido da responsabilidade do Estado, mas a análise custo (nacional) – benefício (particular, especialmente operadores turísticos e das respectivas regiões) deixa antever para breve que essa responsabilidade passe para as regiões.

A França, com 1960 km de praias, num total litoral de 5 500 km, assegura a protecção da linha de costa com estruturas pesadas e protecção ligeira, tendo esta última sido iniciada em 1962. A alimentação artificial serviu durante muito tempo para depositar os sedimentos dragados dos portos para manutenção da profundidade do canal de navegação, logo o calibre do material dragado nem sempre era o mais aconselhado para a alimentação.

A Lei do Litoral, de 1986, veio proibir a criação de praias artificiais. As actualmente existentes com problemas de erosão são alimentadas artificialmente na face da praia e é promovida a reconstrução de dunas, quando existem. Também aqui não existe uma *GIZC*, as medidas são mitigadoras e preventivas e não há uma avaliação sistemática das alimentações efectuadas. Contudo, são tidos em consideração vários parâmetros relacionados com os elementos forçadores, como a morfologia da plataforma continental próxima e o calibre dos sedimentos de fundo.

Estima-se que, de 1995 a 2015, sejam necessários 209 M m³ de seixo e 224 M m³ de areia para alimentar as praias francesas.

¹⁰ Ver Programme on integrated coastal zone management (*ICZM*) 1996 – 1999, em <http://europa.eu.int/comm/environment/iczm/demopgm.htm> e o guia de *ICZM* da Comissão francesa da UNESCO em <http://ent2.univ-perp.fr/pde/courses/MD1/document/COI1997partie1.pdf?cidReq=MD1>.

De acordo com H. Hanson *et al* (2002) e Hamm (2002), nestes dois países tem prevalecido uma atitude de resistência e manutenção na política de ordenamento e gestão destes tipos de litoral.

A Espanha, com 4000 km de litoral e onde as praias são públicas, iniciou a protecção ligeira, com recurso a alimentação artificial das praias, em 1983. Aqui as praias devem ter sempre pelo menos 60 m de areia seca para fins recreativos (turismo). Este tipo de protecção é complementado com quebra-mares destacados, sobretudo no litoral mediterrâneo. Ao invés, os esporões, também utilizados interrompem a deriva litoral e criam situações de erosão a sotamar.

A atitude espanhola tem sido a de mudança da posição da linha de costa para assegurar os 60m de areia seca, tendo também providenciado a resolução dos problemas que desencadeiam essa erosão.

Quadro 3 – Protecções litorais e quadro legal: alguns dados para Itália, França e Espanha.

Países	Início da alimentação artificial	Parâmetros	Acções complementares	Tipo de medidas	Quadro legal
Itália	1969	- modelos físicos - sem modelos numéricos??	Com ou sem estruturas pesadas de defesa	Mitigadoras (reactivas) e não preventivas (proactivas); - sem monitorização (salvo Veneza)	Nacional (em reforma, passará para regional)
França	1962	- clima de agitação marítima; - batimetria; - distribuição dos sedimentos de fundo*	Estruturas pesadas dominantes (esporões, diques e quebramares destacados)	- medidas mitigadoras e não preventivas; - sem estratégia de longo prazo, não há ICZM, nem avaliação das alimentações	Municipal, c/ possível participação parcial das autoridades regionais
Espanha	1983	- batimetria; - calibre das areias nos grandes projectos	Com quebramares destacados	Medidas mitigadoras	Nacional - Governo central, com eventuais participações dos governos regionais. No futuro ICZM

Baseado em Hanson *et al*, 2002.

A Dinamarca, com 7400 km de litoral, promove o reforço das dunas e a alimentação artificial das suas praias anualmente, desde 1974 (Quadro 4). Para tal é exigido o conhecimento da taxa de erosão, o tempo de vida ou de residência do volume de areia que serviu para a alimentação e é considerado o factor de eficácia (FE), traduzido por

$$FE = \frac{\text{Taxa de erosão prévia}}{\text{Taxa de erosão com alimentação}}$$

A avaliação das praias é feita anualmente com recurso a perfis de praia de 200 em 200m e das dunas de cinco em cinco anos por análise aerofotogramétrica (ver Parte II). A política dinamarquesa visa restabelecer e manter o nível de segurança contra as inundações litorais com um período de retorno de 100 anos e parar a erosão das praias junto a cidades. Por outras palavras, visa o reforço das dunas e manutenção da praia protectora.

Quadro 4 – Protecções litorais e quadro legal: alguns dados para Dinamarca, Alemanha, Holanda e Reino Unido.

Países	Início da alimentação artificial	Parâmetros de monitorização	Acções complementares	Problemas	Quadro legal
Dinamarca	1982	Taxa de erosão; Tempo de vida; FE.	Quebramares destacados		Nacional e Regional
Alemanha	1951 (na face e berma)	- altura do <i>storm surge</i> , sem galgamento de dunas ou brechas; - taxa de transporte da deriva litoral; - altitude atingida pela corrente de afluxo; - profundidade de fecho; - calibre da areia original e de alimentação	armadilhas de areia	- necessidade de realimentação; - sem programa de avaliação (salvo excepções)	CZM integrada na política Federal, Estatal e local
Holanda		- VA; - com avaliação	Diques		CZM integrada na política Nacional e Regional
Reino Unido	1950 1972	- características geomorfológicas e processos de cada célula litoral; - FE; - período de retorno de episódios geradores de inundações; - transporte pela deriva litoral - mudanças futuras da linha de costa; - correntes de maré e agitação marítima; - AIA; - V.A. calculado através de modelos numéricos e empíricos	Com estruturas pesadas (esporões) Quebramares destacados	Muito dispendioso, eficácia insuficiente	Governos Locais (com fundos nacionais) e privados

Na Alemanha, em que 1/3 dos 1900 km de linha de costa são de praias, iniciou-se a alimentação artificial em 1951. Para essas acções, têm vindo a ser considerados um conjunto de parâmetros que importa referir: (i) altura atingida pelo nível de *storm surge* sem promover galgamento das dunas ou das brechas nas dunas; (ii) taxa de transporte da deriva litoral; (iii) nível atingido, na praia, pelo corrente de afluxo; (iv) profundidade de fecho; (v) calibre da areia (da praia e da alimentação artificial, que deverá ser idêntica ou mais grosseira do que a original). As alimentações artificiais são complementadas por armadilhas de areia, para minimizar o transporte eólico. Se a alimentação é cientificamente programada, o acompanhamento (monitorização) sistemático é inexistente, assim como a avaliação. Porém, o

ordenamento e gestão estão incluídos na sua política, sendo os custos suportados primeiramente pelos governos federais, com participação estatal e, quando o benefício é o lazer, pelos governos locais. Saliente-se que as dragagens e sucções de sedimentos exigem, na Alemanha, um licenciamento federal.

A Holanda pelas características dos seus 523 km de litoral, costa de frísia, tem, desde 1990, o que se pode designar por uma política de prevenção dinâmica do seu litoral. Esta consiste não só na promoção da re-alimentação artificial de praias, mas também do seu reforço e manutenção das dunas. A alimentação artificial é feita com um volume de sedimentos que pressupõe o conhecimento da taxa de erosão (e todos os parâmetros nela envolvidos). Esse volume de alimentação (VA) corresponde:

$$VA = (\text{tempo de vida} \times \text{perda anual em 10 anos}) + 10\text{-}20\% \text{ correcção}$$

O acompanhamento é feito anualmente com recurso a perfis transversais de praias e de dunas, espaçadas de 200-250m.

Todo o processo é suportado a nível nacional, através de delegações regionais, coadjuvadas a nível regional pelos Conselhos da Água.

O Reino Unido iniciou, em 1950, a alimentação artificial de praias com recurso a sedimentos recolhidos noutras praias, prática abandonada em 1972, quando os dragados se passaram a efectuar na respectiva praia submersa. São vários os parâmetros tidos em conta, nomeadamente: (i) as características geomorfológicas e processos de cada célula litoral (Komar, 1998 – Parte II); (ii) FE; (iii) período de retorno de episódios geradores de inundações; (iv) transporte pela deriva litoral; (v) correntes de maré e clima de agitação marítima e, mais recentemente, (vi) mudanças futuras da linha de costa; (vii) AIA; (viii) razão custo-benefício. Complementarmente, o acompanhamento (monitorização) é feito com recurso a perfis de praia, efectuados mensal a anualmente. Saliente-se que estes englobam também a praia submersa, o que permite avaliar de forma mais precisa a perda de sedimentos.

Estes países revelam uma prática de ordenamento e gestão do seu litoral, em geral, e da linha de costa, em particular, com bases científicas e uma grande adaptabilidade, uma vez que encontram soluções diversas, tendo em conta que os pressupostos mudam e se pretendem tratar os problemas fundamentais.

Noutros países, como a Bélgica, com cerca de metade do seu litoral protegido (35km), ou a Irlanda, a protecção do litoral faz-se com recurso a diques e esporões em simultâneo com protecções artificiais, mas sem recurso a *ICZM*.

Na Grécia, a alimentação artificial não é prática corrente tal como na Suécia, embora por razões distintas.

5. A situação dos litorais rochosos

Comparativamente aos litorais arenosos, os rochosos são relativamente pouco estudados. Contudo, as diferenças de resistência das rochas cortadas em arriba são muito grandes (Parte II).

As experiências existentes são sobretudo de protecção, quer por ancoragem quer por consolidação artificial das arribas.

A monitorização de arribas torna-se cada vez mais necessária. Apesar de, em muitos locais, ser interdita a construção no seu topo, encontram-se hoje no topo da arriba diversas infra-estruturas e bens imóveis, na sequência do seu recuo.

A avaliação do recuo das arribas (a sua monitorização) é também um imperativo.

6. A importância da monitorização

A avaliação das experiências europeias conduziu Hann *et al* (2002) a propôr (ver Parte II) as seguintes orientações:

- (i) uma compreensão dos processos morfodinâmicos numa escala espacial e temporal adequadas, usando o conceito de células litorais (Komar,1996), o uso de estratégia preventiva mais do que mitigadora e remediativa;
- (ii) conhecimento dos processos na faixa de espraiamento ao longo do perfil da praia;
- (iii) variação sazonal da praia e dos elementos forçadores - ondas, vento, *storm surge*;
- (iv) caracterizar sedimentologicamente as praias e os sedimentos usados para as alimentar;
- (v) uso de modelos numéricos;
- (vi) trabalhar com e não contra a Natureza, implicando um melhor conhecimento da variabilidade litoral baseada num esforço de monitorização a longo prazo;
- (vii) uso de técnicas como vídeo para monitorizar.

Sinteticamente, propõe-se a utilização dos seguintes parâmetros:

- (i) níveis atingidos por *storm surges*;
- (ii) avaliação do transporte de sedimentos efectuado pela deriva litoral;

- (iii) conhecimento dos níveis atingidos pela corrente de afluxo;
- (iv) determinação da profundidade de fecho;
- (v) altura (significativa e máxima) e direcção de propagação das ondas;
- (vi) distribuição espacial do calibre dos sedimentos;
- (vii) perda por transporte eólico;
- (viii) conhecimento dos elementos morfológicos da praia (nomeadamente altura da berma e largura da berma), para o cálculo do volume de enchimento por metro de praia;
- (ix) razão entre os sedimentos de alimentação e os naturais;
- (x) uso ou não de estruturas de suporte;
- (xi) cálculo do período de alimentação;
- (xii) criação de uma base de dados actualizável para permitir a avaliação e a definição de medidas imediatas.
- (xiii) utilização de programas informáticos simples, que permitam a actualização da informação disponível.

Devem considerar-se, quando se efectuam alimentações artificiais e tendo em conta os fins recreativos, de protecção contra as cheias litorais e estéticos, o factor de preservação (FP), o factor recreativo (FR), o factor de valores naturais (VN) e o factor de protecção às inundações (FPI), assim definidos de acordo com Hann *et al* (2002):

$$FP = \frac{\text{Tempo de vida s/ alimentação}}{\text{Tempo de vida previsto}}$$

$$FR = \frac{\text{Largura da praia antes da alimentação}}{\text{Largura da praia depois da alimentação}}$$

$$FVN = \frac{\text{Tempo de vida da base da duna estabilizada s/ alimentação}}{\text{Tempo de vida da base da duna estabilizada c/ alimentação}}$$

$$FPI = \frac{\text{Tempo de vida do perfil da duna s/ alimentação}}{\text{Tempo de vida do perfil da duna c/ alimentação}}$$

Comparativamente aos litorais arenosos, os rochosos são relativamente pouco estudados. Contudo, a ideia de estabilidade que estes sistemas litorais sugerem é muitas vezes enganadora. Com efeito, (i) as diferenças de resistência das rochas cortadas em

arribas são muito grandes, (ii) os seus processos evolutivos e consequentemente as suas taxas de recuo podem ser muito diversas, (iii) a diminuição do afluxo de sedimentos tem originado o estreitamento ou desaparecimento das praias, o que ocasiona, o desaparecimento do efeito amortecedor às ondas, (iv) as cargas exercidas no topo das arribas são cada vez maiores. A consequência tem sido a instabilização crescente de vários troços de arriba (Parte II).

As experiências existentes são sobretudo de protecção, quer por ancoragem quer por consolidação artificial das arribas.

A monitorização de arribas torna-se cada vez mais necessária, através da avaliação dos processos evolutivos e dos factores desencadeantes dessa evolução. A avaliação do recuo das arribas (a sua monitorização) é também um imperativo.

VIII. A *GIZC* EM PORTUGAL¹¹

Portugal, com aproximadamente 1853km de linha de costa (cerca de 950 km no território continental e 691km nas regiões autónomas) não tem ainda, para um espaço tão importante na economia nacional, uma *GIZC*.

Os problemas de erosão litoral são conhecidos há mais de um século, nomeadamente em Espinho (Anexo 13), onde as primeiras obras de defesa costeira, em madeira, foram efectuadas ainda no século XIX (fig. 40).

Foram já parcialmente avaliados, em Portugal, alguns troços litorais, que se exemplifica com o zonamento efectuado no âmbito do projecto *MARIA – INTEGRATED MANAGEMENT PROGRAMME FOR RIA DE AVEIRO (Portugal; fig. 41)*, cujas conclusões estão disponíveis em:

<http://europa.eu.int/comm/environment/iczmpdf/doc9904.pdf>.

¹¹ Ver Comunicação da Comissão Europeia ao Conselho e ao Parlamento Europeu relativamente à GESTÃO INTEGRADA DA ZONA COSTEIRA: UMA ESTRATÉGIA PARA A EUROPA em http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/site/pt/com/2000/com2000_0547pt01.pdf.

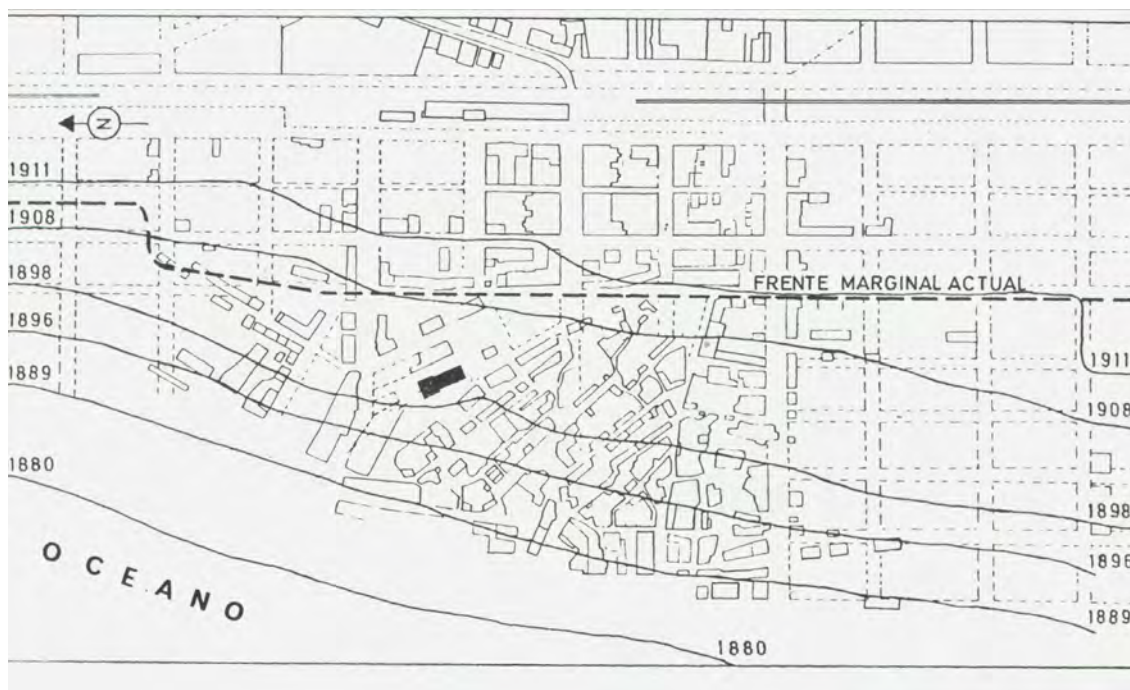


Fig. 40 – Espinho. Recuo da costa entre 1880 e 1911. Extraído de Mota Oliveira e Martins (1991).

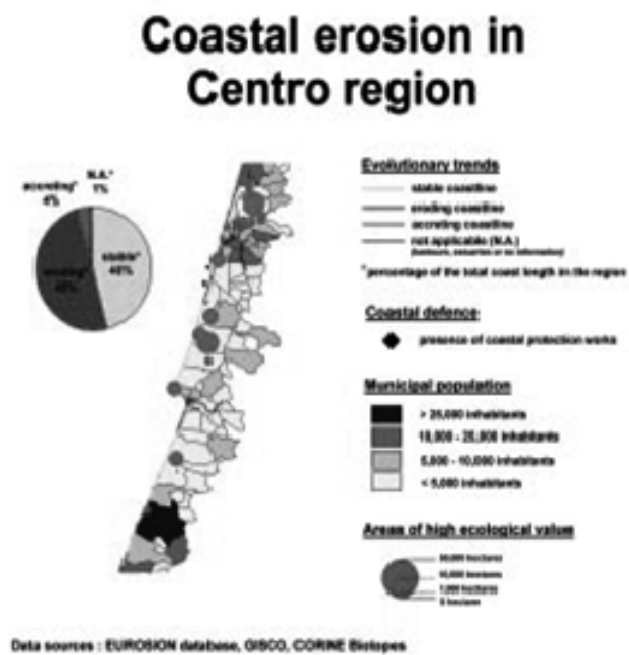
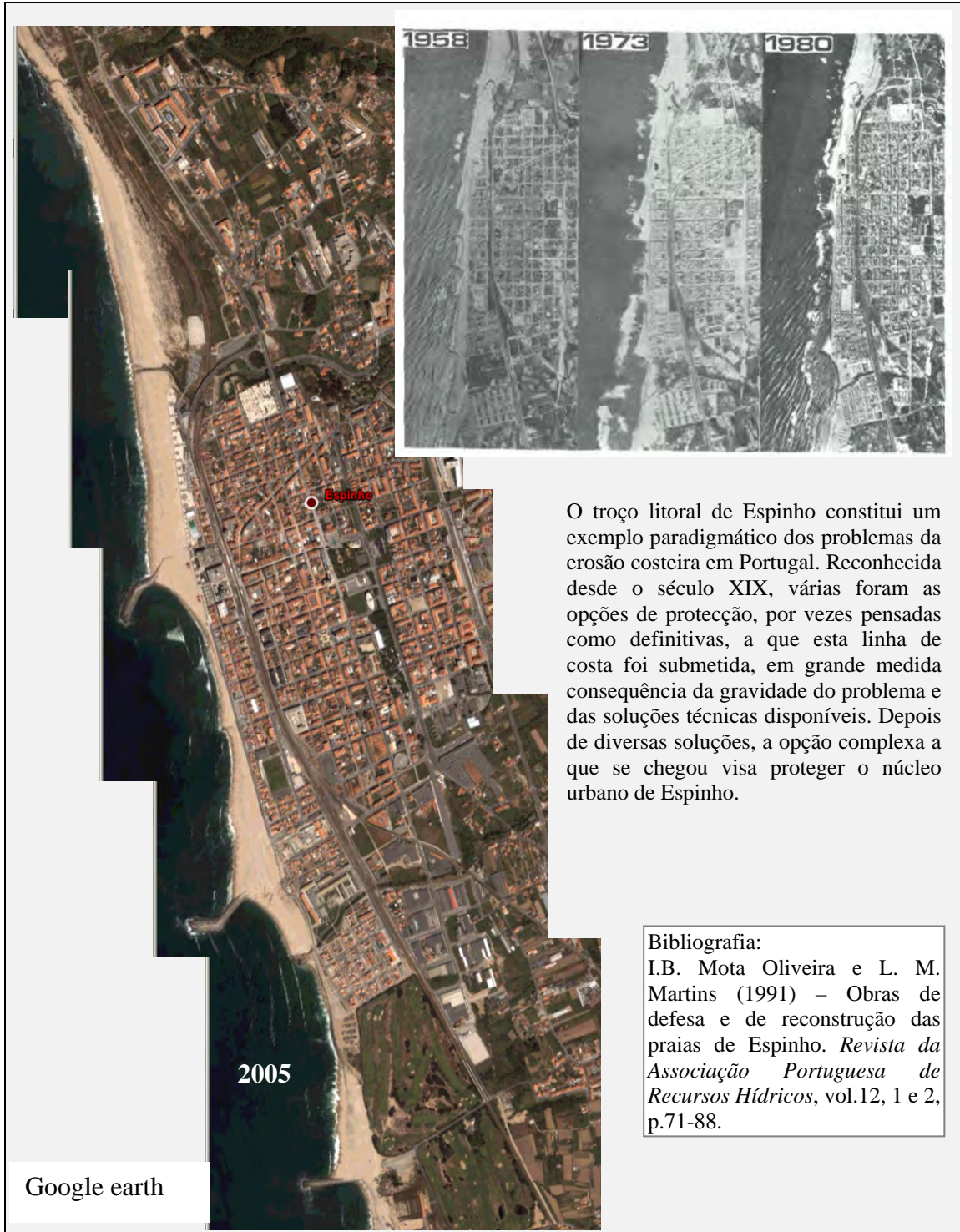


Fig. 41 – A erosão no litoral Centro

Anexo 13



O troço litoral de Espinho constitui um exemplo paradigmático dos problemas da erosão costeira em Portugal. Reconhecida desde o século XIX, várias foram as opções de protecção, por vezes pensadas como definitivas, a que esta linha de costa foi submetida, em grande medida consequência da gravidade do problema e das soluções técnicas disponíveis. Depois de diversas soluções, a opção complexa a que se chegou visa proteger o núcleo urbano de Espinho.

Bibliografia:

I.B. Mota Oliveira e L. M. Martins (1991) – Obras de defesa e de reconstrução das praias de Espinho. *Revista da Associação Portuguesa de Recursos Hídricos*, vol.12, 1 e 2, p.71-88.

Será apresentada e discutida a *Estratégia para a Gestão Integrada da Zona Costeira portuguesa*, que estará disponível no decurso de 2006.

IX. A SÍNTESE DA INFORMAÇÃO

A síntese sobre a dinâmica costeira, seus processos e ritmos evolutivos, bem como as acções de ordenamento, deverá ser expressa:

- (i) numa base de dados e
- (ii) de forma cartográfica, em sistema SIG.

Esta última deve incluir uma mapa de perigosidade¹² aos fenómenos naturais, sejam eles relacionados com o clima de agitação marítima, nomeadamente a ocorrência de temporais e/ou *storm surge*, ou derivados da posição geoestrutural de Portugal (maremotos).

Tendo em atenção a dificuldade em prever a ocorrência de fenómenos naturais e quantificá-los, será também de grande utilidade, para o ordenamento litoral, a realização de mapas de susceptibilidades ou, se possível de vulnerabilidades. Os mapas de risco, quantificado, poderão ser realizados para alguns troços litorais.

Esta cartografia em ambiente SIG constitui-se como um importante instrumento de trabalho para os gestores litorais¹³.

¹² Sobre os conceitos de perigosidade, susceptibilidade, vulnerabilidade e risco ver J. L. Zêzere (1997).

¹³ Em 1999, foram editadas, pelo INAG, em formato digital “Cartas de Risco do Litoral”, para dez “trechos ou células sedimentares costeiras” do continente português, que “propõem uma imagem dos territórios que, numa primeira delimitação, podem ser considerados como ameaçados pelo mar”. Constituem cartas preliminares onde é feito o zonamento de vulnerabilidade (classe baixa, média e alta).

AULAS PRÁTICAS:

(i) Análise de Planos e Programas de GIZC de diversos países e regiões, nomeadamente:

- no Bangladesh (<http://www.iczmpbangladesh.org/rep/prcomrep.pdf>);
- no Reino Unido (<http://www.theukcoastalzone.com/knowledge/index.asp>);
- na Escócia (<http://www.scotland.gov.uk/consultations/environment/scfcl-00.asp>);
- no Departamento de Sabat e Sarawak, na Malásia (<http://www.townplanning.sabah.gov.my/iczm/> e http://www.did.sarawak.gov.my/www/iczm_main.html#2);
- na Indonésia (<http://www.cseas.kyoto-u.ac.jp/seas/40/2/400205.pdf>);
- no Japão (<http://www.glocom.ac.jp/eco/esena/resource/isobe/index.e.html>);
- na Guiana (<http://www.guyanacoast.net/docs/Final%20version%20of%20ICZM%20Action%20Plan.pdf>);

(ii) Análise GIZC nacional;

(iii) Ensaio de carta de susceptibilidade para troços litorais considerados.

BIBLIOGRAFIA

A bibliografia sobre dinâmica litoral é muito abundante e existem bons manuais, com sucessivas reedições, desde o século passado.

Apenas se referem aqui os manuais considerados de base para a aprendizagem das matérias desenvolvidas ao longo do Programa. Acrescenta-se também outra bibliografia que foi sendo citada ao longo do Programa e que se considera-se importante para temáticas particulares.

PARTE I

Brown J.; Colling, A.; Park, D.; Phillips, J.; Rothery, D.; Wright, J. (1993) – *Waves, Tides and Shallow-Water Processes*. Pergamon Press, 3ª ed., Oxford.

Carvalho, A.M. Galopim (2005) – *Geologia sedimentar* – volume II – Sedimentologia. Âncora Editora, Lisboa.

Friedman, G.M. and Sanders, J.E. (1978) – *Principles of sedimentology*: New York, John Wiley & Sons, 792 p.

Pereira, A. R. - L'homme et l'érosion: l'exemple du littoral portugais. *Finisterra*, XXVI, 52-53, p. 205-225.

Pereira, A. R. (2001) – *O(s) Oceano(s) e as suas Margens*. Instituto de Inovação Educacional, Cadernos de Educação Ambiental, nº5, Lisboa, 123p. (ISBN: 972-783-025-0).

Pereira, A. R. (2004) – A faixa litoral. Em M. Feio & S. Daveau (organizadores) – *O relevo de Portugal. Grandes unidade regionais*, cap. X, Associação Portuguesa de Geomorfólogos – APGeom, vol. II, Coimbra, p.133-147. (ISBN:972-636-146-X).

Pettijohn, F.J.; Potter, P.E.; Siever, R. (1973) – *Sand and sandstones*. Springer-verlag, Berlim, 618 p.

PARTE II

C.E.R.C. (1984) – *Shore Protection Manual, Vol. I*. Coastal Engineering Research Center, Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, Washington.

Carter, R. (1993) – *Coastal Environments*. Academic Press, 4ª ed., London.

Cooke, R.; Warren, A.; Goudie, A. (1993) – *Desert Geomorphology*. UCL Press, London.

Deronde, B.; Houthuys, R.; Sterckx, S.; Debruyne, W.; Fransaer, D. (2004) – Sand dynamics along the Belgium coast based on airborne hyperspectral data and LIDAR data. *EARSeL eProceedings* 3, 1/2004, p. 26-33.

- Ferreira, A.B. & Vieira, G.T. (eds) (1996) - *Fifth European Intensive Course on Applied Geomorphology - Mediterranean and Urban Areas*, Departamento de Geografia, Universidade de Lisboa.
- Ferreira, O. (1998) – *Morfodinâmica de Praias Expostas: aplicação ao sector costeiro Aveiro – Cabo Mondego*. Dissertação de Doutoramento, Universidade do Algarve, Unidade de Ciências e Tecnologias dos Recursos Aquáticos, Faro.
- Ferreira, Ó.; Fachin, S.; Braga Coli, A.; Taborda, R.; Alveirinho Dias, J.; Lontra, G. - (2002) - Study of Harbour Infilling using Sand Tracer Experiments. *Journal of Coastal Research* SI 36 283-289 (ICS 2002 Proceedings), Northern Ireland.
- Ferreira, Ó.; Fachin, S.; Braga Coli, A., Taborda, R.; Alveirinho Dias, J.; Lontr, G. (2002) - Study of Harbour Infilling using Sand Tracer Experiments. *Journal of Coastal Research* SI 36 283-289 (ICS 2002 Proceedings), Northern Ireland.
- Komar, P. (1998) – *Beach Processes and Sedimentation*, Prentice Hall, 2ª ed., New Jersey.
- McKee, E. (editor) (1979) – *A Study of Global Sand Seas*. U.S. Government Printing Office, Washington.
- Neves, M. (2004) – *Evolução Actual dos Litorais Rochosos da Estremadura Norte. Estudo de Geomorfologia*. Dissertação de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Faculdade de Letras, Departamento de Geografia, Lisboa.
- Pereira, A. R & Laranjeira, M. M. (2002) - Vulnerabilidade dunar avaliada por uma lista de controlo. *Volume de Homenagem ao Professor Soares de Carvalho*, Barbosa & Xavier edit., Braga, p. 161-175 (ISBN:972-95712-5-2).
- Pereira, A. R. (1987) - *Acumulações arenosas eólicas consolidadas do litoral do Alentejo e Algarve*. Linha de acção de Geografia Física, Rel. N.º 27, Centro de Estudos Geográficos, INIC, Lisboa, 113p.
- Pereira, A. R. (1987) – *Acumulações Arenosas Eólicas Consolidadas do Litoral do Alentejo e Algarve Ocidental*. Centro de Estudos Geográficos, I.N.I.C., Linha de Acção de Geografia Física, Rel. 27, Lisboa.
- Pereira, A. R.; Trindade J.; Neves, M. (coord.) (2005) – *Portugal: coastal dynamics*. Field trip guide A1, *Sixth International Conference on Geomorphology*, Zaragoza, 69p.
- Short, A. (editor) (2003) - *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. John Wiley and Sons Ltd., 3ª ed., Chichester.
- Sunamura, T. (1992) – *Geomorphology of Rocky Coasts*. John Wiley and Sons Ltd., Chichester.
- Williams, A. T., Dias, J. A., García-Novo, F., García-Mora, M. R., Curr, Pereira, A. R. (2001) - Integrated Coastal Dune Management: Checklists. *Continental Shelf Research*, 21:1937-1960.

PARTE III

- Allen, J.R.L. (1984) – Sedimentary structures. Their character and physical base. *Developments in Sedimentology*, 30, Elsevier, Amesterdão.
- Bagnold, R. A. (1973) – *The physics of blown sand and desert dunes*. Chapman & Hall, London.
- Barrett, M. (1992) – *Coastal Zone Planning and Management*, Institution of Civil Engineers, Thomas Telford, London.
- Bruun (1954) – *Coast erosion and the development of beach profiles*. Beach Erosion Board, Technical Memo, 44.
- Carter, R. (1993) – *Coastal Environments*. Academic Press, 4^a ed., London.
- Dauvin, J.C. (coord.) (2002) – *Gestion Intégrée des Zones côtières: Outils et Perspectives pour la préservation du Patrimoine naturel*. Patrimoines Naturels, 57 : 346p.
- Dean, R.G. (1991) – Equilibrium beach profiles: characteristics and applications. *Journal of Coastal Research*, 7, p.53-84.
- Ferreira, O.; Dias, J. A.; Taborda, R. (1990), Sea level rise, sediment input and shoreline retreat. The case of Aveiro- Cap Mondego, Portugal, in *Comptes-rendus du 1^{er} Symposium International de L'Association EUROCOAST*, p. 214-219.
- Fleming, C. (1996) – *Coastal Management: Putting Policy into Practice*. Institution of Civil Engineers, Thomas Telford, London.
- Hamm, L.; Capobianco, M.; Dette, H.H.; Lechuga A; Spanhoff, R.; Stive M.J.F. (2002) – A summary of European experience with shore nourishment. *Coastal Engineering*, vol. 47, Issue 2, p. 237-264.
- Hanson, H.; Brampton, A.; Capobianco, M.; Dette, H.H.; Hamm, L.; Laustrup, C.; Lechuga A.; Spanhoff, R. (2002) Beach nourishment projects, practices, and objectives – a European overview. *Coastal Engineering*, vol.47, Issue 2, p. 81-111.
- Inman, D.L.; Elwany; M.H.S.; Jenkins, S.A. (1993) – Shorerise and bar-berm profiles on oceanbeaches. *Journal of Coastal Research*, 98 (C10), 18, pp.18, 181-18, 199.
- Komar, .D., Gaughan, M.K. (1972) – Airy wave theory and breaker height production. *Proceedings of the 13th Coastal Engineering Conference*, Amer. Soc. Civil Engrs., p.405-418.
- Moreira, M. E. (1984) – Glossário de termos usados em geomorfologia litoral. *Estudos de Geografia Tropical*, 15, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa.
- Moreira, Rogério (Dir. Ed.) (1989) - *Atlas dos oceanos*, Grande Enciclopédia Portuguesa e Brasileira; Edições Zairol.
- Mota Oliveira, I.B. e Martins, L. M. (1991) – Obras de defesa e de reconstrução das praias de Espinho. *Revista da Associação Portuguesa de Recursos Hídricos*, vol.12, 1 e 2, p.71-88.
- Oliveira Pires, H. (1989) - Alguns aspectos do clima de agitação marítima e de interesse para a navegação na costa de Portugal. *O Clima de Portugal*, fasc. XXXVII, vol. 2, Instituto Nacional de Meteorologia e Geogísica, Lisboa.

- Paskoff, R. (1985) – *Les Littoraux. Impacts des Aménagements sur leur Evolution*. Masson, Paris.
- Pereira, A.R.; Trindade, J. & Neves, M. (coord.) (2005) – *Portugal: coastal dynamics*. Field trip guide A1, *Sixth International Conference on Geomorphology*, Zaragoza.
- Plant, N.G., Griggs, G.B. (1992) - Interactions between nearshore processes and beach morphology near a seawall. *Journal of Coastal Research*, 8, p. 183-200.
- Pye, K. (1983) – Coastal dunes. *Progress in Physical Geography*, vol. 7, nº4, p.531-557.
- Roteiro da Costa de Portugal* (1990) – Instituto Hidrográfico, 2ª edição, Lisboa.
- Santos, F.D.; Forbes, K.; Moita, R. (2002)(ed.) - *Climate Change in Portugal. Scenarios, impacts and adaptation measures*. SIAM Project, Gradiva, p.175-219
- Valle, A. S. (1989) - As obras de protecção e de reconstituição das praias de Espinho (Tema IV). *Recursos Hídricos*, vol.9, nº3,57-67.
- Vanney, J.-R. (2002) – *Géographie de l’Océan Global*. Collection Géoscience, Paris.
- Veloso-Gomes, F.; Taveira-Pinto, F; das Neves, L.; Pais Barbosa, J.; Coelho, C. (2004) - Erosion risk levels at the NW Portuguese coast: The Douro mouth - Cape Mondego stretch. *Journal of Coastal Conservation*, 10: 43-52, 2004.
- Viles, H.; Spencer, T. (1996) – *Coastal Problems. Geomorphology, Ecology and Society at the Coast Arnold*, 2ª ed., London.
- Xharde, R.; Boucher, M.; and Long, B.F. (2005) Coastal geohazards monitoring using airborne LIDAR surveys: an application in the Baie-des-Chaleurs, Quebec. *Proceedings of the 12th Canadian Coastal Conference*. Dartmouth, Nova Scotia, 2005.
- Zêzere, J. L. (1997) - *Movimentos de vertente e perigosidade geomorfológica na Região – Norte de Lisboa*. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física, Unjiversidade de Lisboa, 575p.