

**Riscos Costeiros –  
Estratégias de  
prevenção, mitigação  
e protecção, no âmbito  
do planeamento  
de emergência  
e do ordenamento  
do território**

EDIÇÃO:  
**AUTORIDADE NACIONAL DE PROTECÇÃO CIVIL**  
JUNHO DE 2010

**ÍNDICE**

<b>ACRÓNIMOS E SÍMBOLOS</b>	<b>08</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2. ENQUADRAMENTO</b>	<b>11</b>
2.1. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS, SUBIDA DO NÍVEL DO MAR E PRESSÃO SOBRE O LITORAL	12
2.2. ESTRATÉGIAS INTEGRADAS	17
2.3. RISCOS E PROTECÇÃO CIVIL	23
<b>3. UNIDADES TERRITORIAIS E ESTATUTOS DE PROTECÇÃO</b>	<b>27</b>
3.1. CONCEITOS ESSENCIAIS	27
3.2. A RESERVA ECOLÓGICA NACIONAL (REN)	31
3.3. O DOMÍNIO PÚBLICO HÍDRICO (DPH)	44
<b>4. FACTORES FÍSICOS E AMBIENTAIS RELEVANTES</b>	<b>50</b>
4.1. DINÂMICAS OCEANOGRÁFICAS	50
4.2. ECOSISTEMAS MARGINAIS PRIORITÁRIOS	65
<b>5. IMPACTES ANTRÓPICOS</b>	<b>79</b>
5.1. BARRAGENS E REGULARIZAÇÃO DE CAUDAIS FLUVIAIS	81
5.2. OBRAS PORTUÁRIAS E DRAGAGENS	82
5.3. OCUPAÇÃO E PROTECÇÃO COSTEIRA	88
5.4. RESÍDUOS, EFLUENTES E QUALIDADE DA ÁGUA	94
<b>6. AVALIAÇÃO DE RISCOS</b>	<b>108</b>
6.1. INDICADORES DE SUSCEPTIBILIDADE E INTERDEPENDÊNCIAS CRÍTICAS	109
6.2. CARTOGRAFIA DE RISCO	117
<b>7. MEDIDAS MITIGADORAS, DE PREVENÇÃO E PROTECÇÃO</b>	<b>127</b>
7.1. DEFENDER A COSTA E OS RECURSOS NATURAIS	128
7.2. GESTÃO, ORDENAMENTO E SEGURANÇA	141
7.3. SISTEMA DE PREVISÃO, ALERTA E RESPOSTA	147
<b>8. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>152</b>
<b>9. LEGISLAÇÃO</b>	<b>154</b>

**ÍNDICE DE FIGURAS**

FIGURA 1: PROCESSOS NAS VARIAÇÕES A LONGO PRAZO DO NÍVEL DO MAR	13
FIGURA 2: PRESSÃO ATMOSFÉRICA MÉDIA AO NÍVEL DO MAR	15
FIGURA 3: ESQUEMA CONCEPTUAL DE ANÁLISE, AVALIAÇÃO E GESTÃO DE RISCOS NO ÂMBITO DA ARTICULAÇÃO ESTRATÉGICA ENTRE A PROTECÇÃO CIVIL E O ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO	25
FIGURA 4: CONCEITO DE ZONA COSTEIRA (LIMITES) ADOPTADA PELA ENGIZC, NA RESOLUÇÃO DO CONSELHO DE MINISTROS N.º 82/2009, DE 20 DE AGOSTO DE 2009	28
FIGURA 5: FRONTEIRAS DA MARGEM CONTINENTAL E DA ZONA COSTEIRA	30
FIGURA 6: COMPOSIÇÃO DA REDE FUNDAMENTAL DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA	31
FIGURA 7: ÁREAS DE PROTECÇÃO DO LITORAL E ALGUNS LIMITES COSTEIROS, TENENDO EM CONTA O RJREN (DECRETO-LEI Nº 166/2008)	33
FIGURA 8: ARRIBA COSTEIRA ALCANTILADA	39
FIGURA 9: DOMÍNIO PÚBLICO HÍDRICO, DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO DO DPH	46
FIGURA 10: CRITÉRIOS DE DEMARCAÇÃO DA CRISTA DE ARRIBAS ALCANTILADAS E NÃO ALCANTILADAS EM DIVERSAS LITOLOGIAS	47
FIGURA 11: ESPIRAL E TRANSPORTE DE EKMAN NO HEMISFÉRIO NORTE	51

FIGURA 12: GEOMETRIA DOS ALINHAMENTOS DA TERRA, DA LUA E DO SOL NAS FORÇAS CONSTRUTIVAS (MARÉS-VIVAS) E DESTRUTIVAS (MARÉS-MORTAS) DA ONDA MAREAL	53
FIGURA 13: EXEMPLO DE SISTEMA ANFIDRÓMICO E VARIAÇÃO MAREAL ASSOCIADA	55
FIGURA 14: PRINCIPAIS COMPONENTES DA ONDA E DIMINUIÇÃO DOS DIÂMETROS ORBITAIS DESCRITOS PELAS PARTÍCULAS ATÉ À BASE DA ONDA	56
FIGURA 15: ESBOÇO DA REFRAÇÃO DAS ONDAS E RESPECTIVAS ORTOGONAIS NUMA LINHA COSTEIRA IRREGULAR	58
FIGURA 16: FORMAÇÃO DE ONDAS GIGANTES QUANDO AS ORTOGONAIS INFLECTEM CONTRA UMA CORRENTE COM VELOCIDADES VARIÁVEIS À SUPERFÍCIE, GERANDO FORTE DISTÚRBO NAS DIRECÇÕES DEVIDO À REFRAÇÃO E À DIFRAÇÃO DAS ONDAS OCEÂNICAS	60
FIGURA 17: SITUAÇÕES METEOROLÓGICAS MAIS COMUNS EM PORTUGAL	62
FIGURA 18: A - SISTEMA FRONTAL DAS LATITUDES MÉDIAS DO ATLÂNTICO NORDESTE; B – ALTURAS SIGNIFICATIVAS (HS) DAS ONDAS. ADAPTADO DA CARTA METEOROLÓGICA H+48 – 12H, DE 06/03/2001	63
FIGURA 19: ESBOÇO MORFOLÓGICO DAS FRENTE DUNARES EÓLICAS DA COSTA OCIDENTAL PORTUGUESA, COM A POSIÇÃO DE ALGUMAS DAS ESPÉCIES VEGETAIS REPRESENTATIVAS	68
FIGURA 20: RESPOSTA DO SAPAL À SUBIDA DO NÍVEL DO MAR	77
FIGURA 21: ACÇÕES, RETROACÇÕES E INTERACÇÕES COM MAIOR IMPACTO NA DINÂMICA COSTEIRA E IMPACTES DAS INTERVENÇÕES ANTRÓPICAS	80
FIGURA 22: ESBOÇO DA EVOLUÇÃO DAS CORRENTES HIDRÁULICAS CRIADAS PELA SUBIDA DA ÁGUA NA BARRA MAREAL	84
FIGURA 23: ESBOÇO DAS FORÇAS E ESTRUTURAS ENVOLVIDAS NOS PROCESSOS DE REFRAÇÃO E DIFRAÇÃO DAS ONDAS JUNTO AOS MOLHES PORTUÁRIOS DA BARRA DO MONDEGO	85
FIGURA 24: EFEITOS DE UMA CONSTRUÇÃO À BEIRA-MAR SOBRE A CONSERVAÇÃO DA PRAIA	90
FIGURA 25: ONDULAÇÃO INCIDENTE NUM ESPORÃO TRANSVERSAL EM CONDIÇÕES DE TEMPESTADE DE INVERNO (COM “STORM SURGE”)	93
FIGURA 26: CONSEQUÊNCIAS DAS DESCARGAS DE EFLUENTES ATRAVÉS DE EMISSÁRIOS SUBMARINOS	96
FIGURA 27: EFEITOS DA PRESSÃO HUMANA SOBRE O LITORAL PELA INTENSIFICAÇÃO DA EXTRACÇÃO DE ÁGUA DOCE SUBTERRÂNEA	98
FIGURA 28: EFEITO DA CONSTRUÇÃO DE ESPORÕES NA ALIMENTAÇÃO SEDIMENTAR PELA DERIVA LITORAL E NA EXPOSIÇÃO RELATIVA AO RISCO	110
FIGURA 29: EVOLUÇÃO DA SUSCEPTIBILIDADE A INUNDAÇÃO, CONSIDERANDO UM EVENTO METEOROLÓGICO DO MESMO TIPO, O QUAL PODE AINDA SER SOBREDIMENSIONADO NO CONTEXTO DE AGRAVAMENTO DE EXTREMOS CLIMÁTICOS COM EVENTUAL COLAPSO DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO	112
FIGURA 30: QUATRO TIPOS PRIMÁRIOS DE MOVIMENTOS DE MASSA	114
FIGURA 31: ARTICULAÇÃO DOS CONCEITOS FUNDAMENTAIS NA AVALIAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DE RISCOS	118
FIGURA 32: LOCALIZAÇÃO DO RISCO PARA UM DETERMINADO PERIGO	119
FIGURA 33: ALGUMAS OPÇÕES ESTRATÉGICAS DE RESPOSTA A UM DETERMINADO RISCO	119

FIGURA 34: CARTA TOPOGRÁFICA DE UMA ZONA COSTEIRA HIPOTÉTICA	120
FIGURA 35: CARTA TOPOGRÁFICA COM OS ELEMENTOS EXPOSTOS (FÍSICOS)	121
FIGURA 36: ÁREA INUNDÁVEL (REGISTO HISTÓRICO DO ALCANCE MÁXIMO DE CHEIAS)	122
FIGURA 37: ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS E AGLOMERADO URBANO EXISTENTE NA ZONA COSTEIRA HIPOTÉTICA, NO PRESENTE	123
FIGURA 38: ÁREAS INUNDÁVEIS, CONSIDERANDO A ACTUALIZAÇÃO DOS FACTORES DE PREDISPOSIÇÃO	124
FIGURA 39: CLASSES DE SUSCEPTIBILIDADE A INUNDAÇÕES COSTEIRAS (INUNDAÇÕES E GALGAMENTOS)	125
FIGURA 40: LOCALIZAÇÃO DE ELEMENTOS EXPOSTOS ESTRATÉGICOS, VITAIS E/OU SENSÍVEIS (EEVS)	126
FIGURA 41: OPÇÕES POLÍTICAS BÁSICAS PREVISTAS NA INICIATIVA EUROSION, COMO RESPOSTA À SUBIDA DO NÍVEL DO MAR	131
FIGURA 42: SITUAÇÃO COMUM NA EXPANSÃO URBANA E PROTECÇÃO DAS FRENTES COSTEIRAS (1); E ALTERNATIVAS ÀS ESTRUTURAS HABITUAIS E DE ORDENAMENTO URBANO (2)	132
FIGURA 43: BALANÇO SEDIMENTAR EM ESPORÃO SUJEITO A ATAQUE BI-DIRECCIONAL DA ONDULAÇÃO, EM CONDIÇÕES SEMELHANTES ÀS DA COSTA PORTUGUESA (1); E UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO (2) ADEQUADA À DINÂMICA COSTEIRA	133
FIGURA 44: INSTALAÇÃO DE QUEBRA-MARES SUBMERSOS NO LITORAL PRÓXIMO DA FAIXA COSTEIRA DO CENTRO E NORTE DE PORTUGAL, SOB DINÂMICA EROSIVA E PROTEGIDA POR ESPORÕES TRANSVERSAIS	134
FIGURA 45: ESBOÇO DOS FACTORES QUE CONDICIONAM A DISTÂNCIA LITORAL E A PROFUNDIDADE NA IMPLANTAÇÃO DE UM QUEBRA-MAR SUBMERSO	135
FIGURA 46: OPÇÕES DE INTERVENÇÃO EM SISTEMAS DUNARES DEGRADADOS OU FRAGILIZADOS, CONSIDERANDO A PRESSÃO ANTRÓPICA	137
FIGURA 47: VÁRIAS HIPÓTESES DE EVOLUÇÃO DE UM ECOSISTEMA DUNAR DEGRADADO	138
FIGURA 48: GESTÃO DE RISCO E OCORRÊNCIAS EM ARRIBAS	143
FIGURA 49: DEMOLIÇÕES E USOS INDEVIDOS EM DPM	145
FIGURA 50: SINAIS PARA IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS COSTEIROS	146
FIGURA 51: GESTÃO DE RECURSOS NUMA CADEIA CRÍTICA DE EVENTOS E ACÇÕES	147

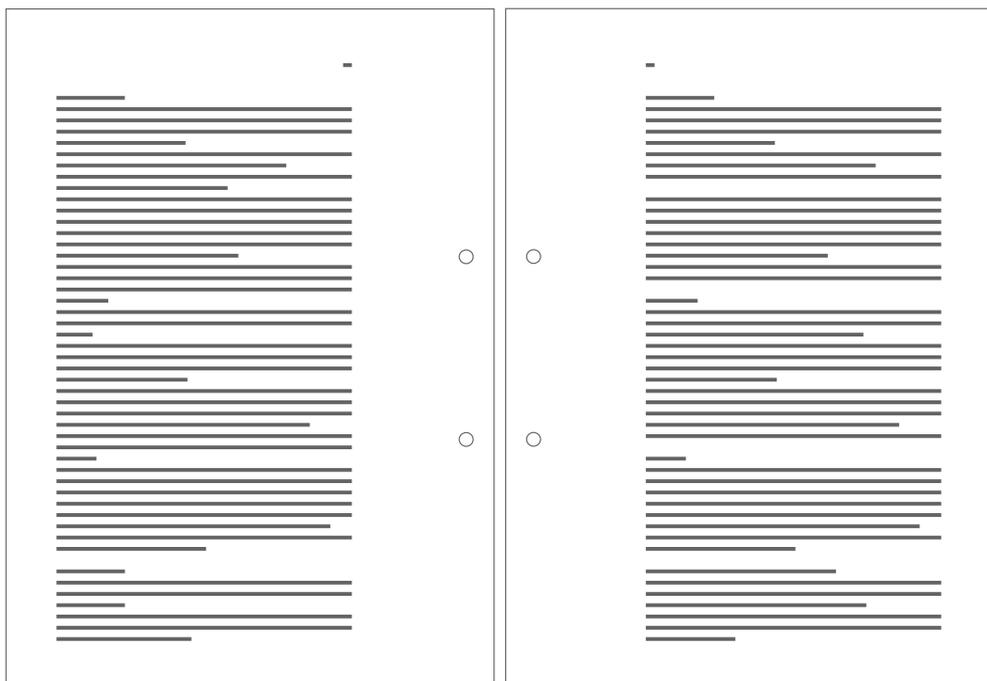
## ÍNDICE DE FOTOS

FOTO 1: ESCARPAS DE EROÇÃO DAS DUNAS FRONTAIS A SOTAMAR DO ESPORÃO DA LEIROSA	70
FOTOS 2A E 2B: ÁREAS ESTUARINAS DE SAPAL ALTO (A) E DE SALINA (B)	73
FOTO 3: APANHA DE BIVALVES NA ZONA ESTUARINA, EM PERÍODO DE BAIXA-MAR DE MARÉS-VIVAS	76
FOTO 4: TROÇO ASSOREADO, A MONTANTE DO AÇUDE DE COIMBRA, NO RIO MONDEGO	82
FOTOS 5A E 5B: AGITAÇÃO MARÍTIMA DE TEMPESTADE E EFEITO DA REFRACÇÃO E DA DIFRACÇÃO DAS ONDAS NA CABEÇA DO MOLHE PORTUÁRIO SUL DA BARRA DO MONDEGO	86
FOTOS 6A E 6B: ACTIVIDADE DE DRAGAGEM	87
FOTO 7: PRAIA E FRENTE MARÍTIMA DA POVOAÇÃO DO CARVOEIRO, ALGARVE	89

FOTO 8: AS CONSTRUÇÕES NAS FRENTES MARÍTIMAS DO DPM TÊM LEVADO A AUMENTAR O INVESTIMENTO PÚBLICO NO REFORÇO DA PROTECÇÃO COSTEIRA (ESPORÕES E MUROS MARÍTIMOS), ENQUANTO A ÁREA DE PRAIA VAI DESAPARECENDO (NESTE CASO, NA COVA-GALA)	89
FOTO 9: PODER DESTRUIDOR DAS VAGAS SOBRE MURO DE PROTECÇÃO NA MARGINAL OCEÂNICA DA FIGUEIRA DA FOZ	91
FOTO 10: ESPORÃO TRANSVERSAL PARA RETENÇÃO DE AREIA A BARLAMAR NA FRENTE DA POVOAÇÃO DA COSTA DE LAVOS	92
FOTOS 11A E 11B: IMPACTO DE UM PERÍODO DE ONDULAÇÃO DE SW SOBRE A FACE NORTE DE UM ESPORÃO E A ZONA CONTÍGUA DE PRAIA E DUNA FRONTAL DA REGIÃO CENTRO OESTE PORTUGUESA	93
FOTO 12: EM CONDIÇÕES DE MAIOR AGITAÇÃO MARÍTIMA, VERIFICA-SE A RESSUSPENSÃO DAS PLUMAS QUE, POR VEZES, ATINGEM ÁREAS ESTUARINAS E PRAIAS DISTANTES	97
FOTO 13: TANQUES DE CRESCIMENTO DE EXPLORAÇÃO PISCÍCOLA SEMI-INTENSIVA	101
FOTO 14: EXPANSÃO URBANA NAS ÚLTIMAS DÉCADAS SOBRE A ZONA INTERDUNAR	108
FOTOS 15A E 15B: ESTRUTURAS DE PROTECÇÃO SOBRE DUNAS COSTEIRAS	136

### **ÍNDICE DE QUADROS**

QUADRO I: RESUMO E ENQUADRAMENTO DOS PRINCIPAIS INDICADORES DE REFERÊNCIA NA CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ZONA COSTEIRA	21
QUADRO II: RESPOSTAS AOS CONTAMINANTES QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS	97
QUADRO III: DEFINIÇÕES NORMATIVAS PARA AS CLASSIFICAÇÕES DO "ESTADO ECOLÓGICO" DAS MASSAS DE ÁGUA, DE ACORDO COM A DQA	99
QUADRO IV: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS CLASSES DE SUSCEPTIBILIDADE	124



Antes de imprimir este caderno pense bem se é mesmo necessário. Poupe electricidade, toner e papel.

Se optar por imprimir, este caderno foi preparado para serem usados os dois lados da mesma folha durante a impressão.

**O que é o Caderno Técnico sobre Riscos Costeiros?**

É um documento de apoio estratégico às actividades de ordenamento do território e de planeamento de emergência e, nesse sentido, de apoio à decisão política sustentada. Promove o conhecimento e a compreensão de conceitos e os procedimentos que melhor se adequam às dinâmicas de interface, nomeadamente pelo enquadramento das acções e medidas de carácter preventivo, regulamentar, de protecção pesada e de intervenção operacional que contribuem para a segurança de pessoas e bens, a preservação dos recursos naturais e o desenvolvimento sustentável.

**A quem interessa?**

De um modo geral, interessa aos gestores e decisores políticos e a todos os técnicos dos diversos sectores e níveis da administração, muito particularmente às direcções e departamentos de gestão e ordenamento do território, de urbanismo e dos serviços de protecção civil.

**Quais os conteúdos deste Caderno Técnico?**

O Caderno Técnico sobre RISCOS COSTEIROS está organizado numa sequência de conteúdos que contempla o enquadramento e as perspectivas actuais sobre os riscos e exposições da zona costeira, tendo em conta as projecções sobre as alterações climáticas (Capítulo 2); as unidades territoriais e estatutos de protecção, numa visão harmonizada dos regulamentos legais aplicáveis (Capítulo 3); a caracterização dos ambientes costeiros e litorais, considerando o equilíbrio entre as dinâmicas naturais e os ecossistemas marginais (Capítulo 4); os impactes das actividades humanas, com realce para as intervenções de engenharia e alterações físico-químicas do meio ambiente (Capítulo 5); os procedimentos de avaliação de riscos, especialmente nos processos de âmbito local e regional (Capítulo 6); e as medidas múltiplas e alternativas, de mitigação, prevenção e protecção que devem integrar as actividades de ordenamento do território e de planeamento de emergência (Capítulo 7).

## Acrónimos e símbolos

AIA – Avaliação de Impacte Ambiental  
 ANPC – Autoridade Nacional de Protecção Civil  
 AP – Áreas protegidas  
 APST – Altas Pressões Subtropicais  
 ARH – Administração Regional Hidrográfica  
 BGRI – Base Geográfica de Referenciação da Informação  
 BMAVE – Baixa-mar de águas vivas equinociais  
 BPSP – Baixas Pressões Subpolares  
 CA – Crista da arriba  
 CBO – Carência bioquímica de oxigénio  
 CCDR – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional  
 CDOS – Comando Distrital de Operações de Socorro  
 CE – Comunidade Europeia  
 CNREN – Comissão Nacional da Reserva Ecológica Nacional  
 DDT – Dicloro-Difenil-Tricloroetano (organoclorado)  
 DGOTDU – Direcção-Geral de Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano  
 DPH – Domínio Público Hídrico  
 DPM – Domínio Público Marítimo  
 DQA – Directiva Quadro da Água  
 EEVS – Elementos estratégicos, vitais e/ou sensíveis  
 EIA – Estudo de Impacte Ambiental  
 ETAR – Estação de tratamento de águas residuais  
 EU – European Union (União Europeia)  
 GIZC – Gestão Integrada da Zona Costeira  
 HadCM – Modelo global climático do Hadley Centre  
 HadRM – Modelo regional climático do Hadley Centre  
 HS – Altura significativa da onda  
 IGP – Instituto Geográfico Português  
 IGT – Instrumentos de Gestão Territorial  
 INAG – Instituto da Água  
 LBPC – Lei de Bases da Protecção Civil  
 LMBMAVE – Linha de máxima baixa-mar de águas vivas equinociais  
 LMPMAVE – Linha de máxima preia-mar de águas vivas equinociais  
 LVT – Lisboa e Vale do Tejo  
 MCGs – Modelos climáticos globais  
 MN – Monumento Nacional  
 NAO – North Atlantic Oscillation  
 NMM – Nível médio do mar  
 PBH – Plano de Bacia Hidrográfica  
 PCB – Bifenil policlorado (organoclorado designado em inglês por polychlorinated biphenyl)  
 PCP – Política Comum das Pescas  
 PDM – Plano Director Municipal  
 PE – Plano de Emergência  
 PEOT – Plano Especial de Ordenamento do Território  
 pH – Grau de acidez (logaritmo do inverso da concentração hidrogeniónica)

PIMOT – Plano Intermunicipal de Ordenamento do Território  
 PMAVE – Preia-mar de águas vivas equinociais  
 PME – Plano Municipal de Emergência  
 PMOT – Plano Municipal de Ordenamento do Território  
 PN – Parque Natural  
 PNA – Plano Nacional da Água  
 PNac – Parque Nacional  
 PNPOT – Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território  
 POE – Plano de Ordenamento de Estuário  
 POOC – Plano de Ordenamento da Orla Costeira  
 POT – Plano de Ordenamento do Território  
 POVT – Programa Operacional de Valorização do Território  
 PROCIV – Protecção Civil (cadernos)  
 PROT – Plano Regional de Ordenamento do Território  
 PROT-CL – Plano Regional de Ordenamento do Território do Centro Litoral  
 RAN – Reserva Agrícola Nacional  
 REN – Reserva Ecológica Nacional  
 RFCN – Rede Fundamental de Conservação da Natureza  
 RJGT – Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial  
 RJREN – Regime Jurídico da Reserva Ecológica Nacional  
 RN – Reserva Natural  
 RN2000 – Rede Natura 2000  
 SIC – Sítio de Interesse Comunitário  
 SIG – Sistema de Informação Geográfica  
 SIOPS – Sistema Integrado de Operações de Protecção e Socorro  
 SMPC – Serviços Municipais de Protecção Civil  
 SNIRLit – Sistema Nacional de Informação dos Recursos do Litoral  
 STCNREN – Secretariado Técnico da Comissão Nacional da Reserva Ecológica Nacional  
 SVARH – Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos  
 ZH – Zero Hidrográfico  
 ZPE – Zona de Protecção Especial

Ag – Prata	Hg – Mercúrio
Al – Alumínio	Mg – Magnésio
As – Arsénio	Mn – Manganésio
Ca – Cálcio	NH <sub>3</sub> – Metano
Cd – Cádmió	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> – Azoto amoniacal
CH <sub>3</sub> Hg <sup>+</sup> – Mercúrio metílico	N <sup>-</sup> NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> – Nitrito
CO <sub>2</sub> – Dióxido de carbono	Pb – Chumbo
Cr – Crómio	Si – Sílica
Cu – Cobre	Zn – Zinco
Fe – Ferro	

## 1. INTRODUÇÃO

Está hoje no centro da discussão política internacional o tema das alterações climáticas, dos previsíveis impactes sobre os recursos do planeta e, entre outras preocupações partilhadas, como garantir a segurança e os modos de vida de centenas de milhões de pessoas que habitam as zonas costeiras, onde se concentra a grande fatia da riqueza mundial.

Num contexto de grande incerteza quanto às mudanças e quais as estratégias adequadas para a protecção de pessoas e bens e a sustentabilidade dos recursos naturais, nomeadamente dos recursos hídricos, justifica-se que um dos Cadernos PROCIV, da ANPC, seja dedicado à abordagem do tema, uma vez que Portugal também é um dos territórios mais expostos à eventual subida do nível do mar, com acentuada susceptibilidade a eventos extremos e a recorrente degradação ambiental, em dinâmicas múltiplas que devem ser evidenciadas e discutidas em todas as suas articulações.

Essas dinâmicas, incluem o progressivo crescimento das cidades litorais, normalmente localizadas junto à foz da quase totalidade dos cursos de água, uma opção urbanística que sufoca os habitats e ecossistemas da faixa costeira e condiciona a sustentabilidade dos recursos naturais, devido a políticas incorrectas de gestão e ordenamento do território. Agravam-se, assim, quer os riscos físicos directos quer os "efeitos dominó" nas reacções dos diversos sistemas interdependentes, complicando os cenários mais complexos que podem actualmente ser concebidos.

Dado o seu potencial produtivo, as zonas costeiras são economicamente atractivas e ambientalmente sensíveis, gerando intensos conflitos de interesses e profundos impactes ambientais que colocam em risco os actuais usos e ocupações, independentemente das evoluções ou convulsões que se perspectivam.

Em todo o caso, não é intenção deste documento enquadrar exaustivamente os contextos que os temas aqui tratados sugerem, assim como seria fastidioso descrever os mecanismos associados. Pretende-se, isso sim, introduzir a informação essencial que possa motivar e elucidar todos quantos têm de compreender as dinâmicas costeiras e litorais e as fragilidades identificadas, com realce para as situações potenciadoras de riscos e as exposições concretas, como suporte às tarefas de ordenamento do território e de planeamento de emergência. E, nesse sentido, há a preocupação de promover a análise integrada dos regulamentos legais aplicáveis que permitem clarificar a caracterização das áreas críticas de risco, sempre que possível com referências actualizadas sobre as matérias em discussão.

Refira-se ainda que a abordagem transversal dos grandes temas e conceitos impõe um formato diferente do de um "manual de procedimentos", respondendo à necessidade de organizar informação aprofundada que sirva também de apoio e referência no desenvolvimento dos programas de formação técnica dirigidos aos serviços da administração local e regional. Aliás, em coerência com outros Guias de apoio estratégico que enquadram as susceptibilidades territoriais perante ameaças globais e determinadas géneses locais, promovendo a avaliação especializada dos processos.

## 2. ENQUADRAMENTO

No seu conjunto, a zona costeira de Portugal Continental está sujeita a uma série de riscos naturais que resultam de vários tipos de perigosidades, nomeadamente de erosão costeira, inundação de margens, galgamento do sistema dunar, movimentos de massa, tsunami e degradação ambiental, perda de habitats e espécies e impactes assinaláveis na qualidade das águas.

Salienta-se que os territórios costeiros concentram hoje a grande maioria da população portuguesa, das infra-estruturas e das actividades económicas, com especial destaque para as vias de comunicação e os fluxos de produtos, bem como para a concentração industrial e dos estabelecimentos que operam com substâncias perigosas. É evidente que isto contempla o intenso tráfego marítimo para os portos nacionais e em trânsito nas águas territoriais, o que constitui um factor de ameaça suplementar para a zona costeira pelos inúmeros acidentes de poluição registados.

As zonas costeiras assumem uma importância estratégica em termos ambientais, económicos, culturais e recreativos. Por isso, a Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira (ENGIZC) realça a necessidade de intensificar as medidas de salvaguarda dos riscos naturais na faixa costeira, designadamente por via de operações de monitorização e identificação de zonas de risco, aptas a fundamentar os planos de acção necessários a uma adequada protecção, prevenção e socorro. Desde logo, devido à grande susceptibilidade da zona costeira aos fenómenos de erosão, aos temporais e às situações meteorológicas extremas, por vezes com perdas de território e pesados prejuízos para os recursos naturais.

Essa visão integrada das potencialidades e dos riscos que afectam a zona costeira é reforçada no Eixo Prioritário III do POVT, especificamente no que diz respeito ao “combate à erosão e defesa costeira” e aos objectivos do Domínio da Intervenção:

- Melhorar o conhecimento e a identificação das ameaças e potencialidades decorrentes do funcionamento da zona costeira, de forma a melhor definir as zonas sujeitas a riscos de erosão e/ou de cheias;
- Controlar e reduzir a ocorrência de ocupações em zonas de risco;
- Efectuar intervenções que assegurem a manutenção equilibrada da orla costeira, quando esta se vê ameaçada pelo avanço das águas, e como suporte a importantes funções do território (económicas, sociais e ambientais), numa óptica sustentável de valorização e de prevenção de riscos;
- Preparar para os desafios originados pelas alterações climáticas;
- Proteger e recuperar o património natural e cultural na zona costeira;
- Prevenir os diversos riscos associados às zonas costeiras, numa perspectiva de garantir a sua sustentabilidade ecológica, ambiental e social.

Por outro lado, independentemente das políticas que são ou podem vir a ser aplicadas, sobressai a necessidade de serem alcançados consensos sobre as transformações que estão a ocorrer, de modo a poderem adoptar-se medidas que enfrentem e reduzam os impactes sobre ambientes marinhos e marginais, numa perspectiva de sustentabilidade que tenha em conta algumas características essenciais das zonas costeiras:

- Integram ecossistemas e devem ser geridas como sistemas complexos, sensíveis e mutáveis;

- Interagem umas com as outras, por vezes em íntimas relações de interdependência;
- Apresentam usos múltiplos e podem fornecer simultaneamente muitos bens de fácil renovação;
- Existem, ao mesmo tempo, complementaridades e conflitos entre os vários usos, o que obriga a tomar opções estruturantes ou desestabilizadoras dos diversos sistemas e funções;
- Os recursos existentes fornecem produtos aos privados, assim como um conjunto de bens e produtos públicos de cujo usufruto ninguém pode ser excluído, o que pode levar à excessiva exploração de um dado recurso, ao seu esgotamento, ou à sua extinção;
- A gestão costeira é comumente indefinida nas responsabilidades atribuídas, de modo que, por vezes, há descoordenação e divergência entre as entidades que gerem o mesmo espaço.

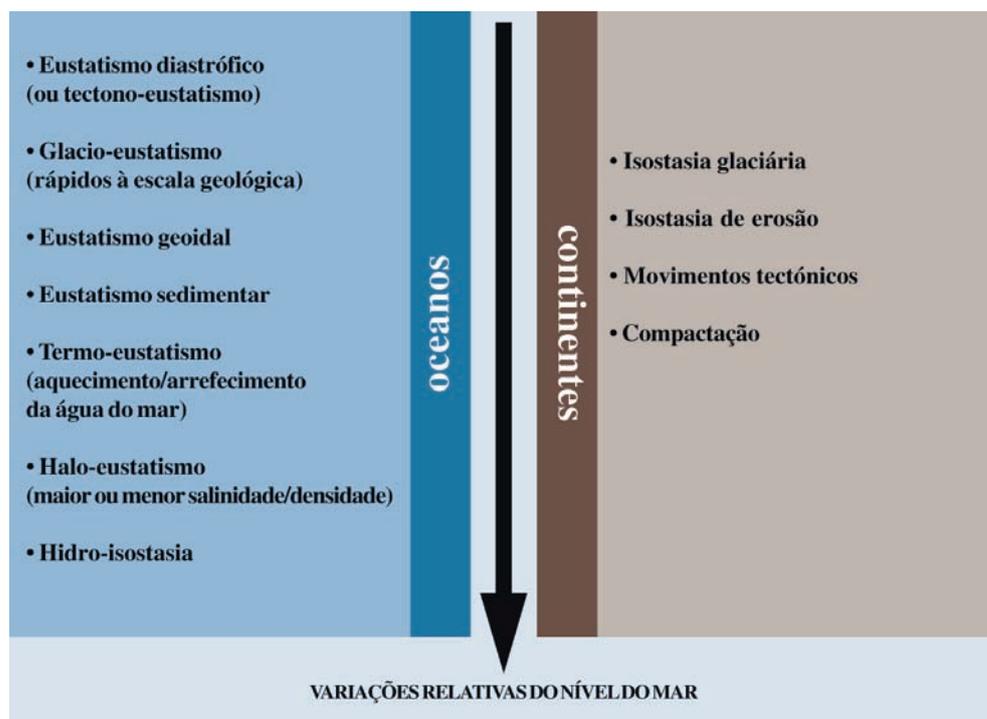
Em todo o caso, é necessário algum cuidado no acompanhamento da evolução dos fenómenos ambientais, na avaliação de riscos e na predição de impactes, dado o elevado número de interações que caracterizam os sistemas naturais costeiros e litorais, o pouco conhecimento de alguns fenómenos recentes e a incerteza sobre as dinâmicas activas e retroactivas que, provavelmente, ainda não afirmaram todas as suas expressões. Daí que a visão da protecção civil possa constituir um contributo significativo no contexto da defesa das populações, dos bens e património e do meio ambiente, não só pelas medidas práticas de resposta a eventos e de mitigação de riscos, mas também pelas medidas preventivas, de precaução e de antecipação aqui propostas.

## **2.1. Alterações climáticas, subida do nível do mar e pressão sobre o litoral**

A questão das mudanças climáticas vê-se frequentemente reduzida à quantificação das subidas absolutas ou relativas do nível do mar. Na maioria dos casos, a ênfase na análise das dinâmicas evolutivas está centrada nas variações históricas do nível das águas oceânicas, assim como nas projecções futuras que prevêem subidas mais ou menos acentuadas, embora em ordens de grandeza de milímetros ou centímetros numa escala temporal de 50 anos a um século.

Na abordagem do próprio conceito de "nível do mar", devem considerar-se as variações eustáticas e isostáticas, as oscilações mareais e as curvaturas do geóide (Figura 1) para demonstrar que não existe um nível do mar à escala mundial e que, a haver elevação por via do aquecimento global, certamente se manifestam também múltiplas retroacções entre a atmosfera, a hidrosfera, a biosfera e a litosfera que não devem ser ignoradas.

Confirmando-se que existe aquecimento contínuo da atmosfera, o contacto das massas de ar mais quente com as superfícies oceânicas acentuarão o termo-eustatismo, ao mesmo tempo que o degelo das calotes glaciárias da Groenlândia e da Antártida poderá provocar a queda na densidade da água do mar e a sua expansão. No entanto, também aqui se deve ter em conta a não linearidade dos impactes, uma vez que a água do mar, a 35‰ de salinidade, atinge a densidade máxima a 0<sup>o</sup> C, e que, por isso, o aumento da temperatura nos pólos, ainda com valores negativos num intervalo térmico considerável, levará à concentração molecular e ao aumento de densidade. Por isso, ao contrário do que por vezes se afirma, o degelo das grandes massas polares flutuantes estabilizadas e dos campos de icebergues não traz consequências significativas no nível do mar.



**Figura 1:** Processos nas variações a longo prazo do nível do mar (adaptado de Paskoff, 1985).

Além das variáveis eustáticas, incluindo o eustatismo geoidal, devem considerar-se os ajustamentos glácio-isostáticos que se fazem sentir em várias áreas continentais, agora livres das cargas de gelo (fusão dos glaciares würmianos) e que se vão exprimindo nos blocos emergentes, com elevação costeira, numa reacção adaptativa atrasada.

Pelo contrário, noutras faixas costeiras há ajustamentos isostáticos que conduzem à subida do nível do mar ou à subsidência das bacias sedimentares, devido à extracção de água e petróleo ou à enorme carga de construções junto ao litoral. E, entre outros, há ainda a possibilidade de haver variações localizadas do nível do mar pela deformação marginal de blocos continentais, relacionada com os movimentos tectónicos.

O problema do nível do mar coloca-se, sobretudo, em relação às condições meteorológicas, uma vez que, estando relacionado com o aumento da temperatura, potencia a dimensão da Sobrelevação das águas ("storm surge") e o encurtamento do período de retorno das tempestades mais violentas. E é principalmente junto à foz que se incrementam as inundações, devido à elevação da água nos rios e nos estuários, o que dificulta a drenagem.

Inevitavelmente, apesar de alguns erros que hoje se evidenciam nas projecções feitas há 20 ou 30 anos, chegou a hora de traçar cenários que preparem as adaptações de médio e longo prazos. Nesse sentido, nos últimos anos têm sido referidos os modelos do Hadley Centre for Climate Prediction and Research, um conjunto de modelos matemáticos de circulação global (MCGs) que, devido a certas particularidades localizadas, como a topografia e as linhas costeiras, contêm duas expressões fundamentais: uma malha mais larga, enquadrada pelos modelos globais (HadCM); e uma malha mais estreita focalizada por modelos regionais (HadRM).

Basicamente, as previsões para Portugal, no período de 1980-2100, prevêm:

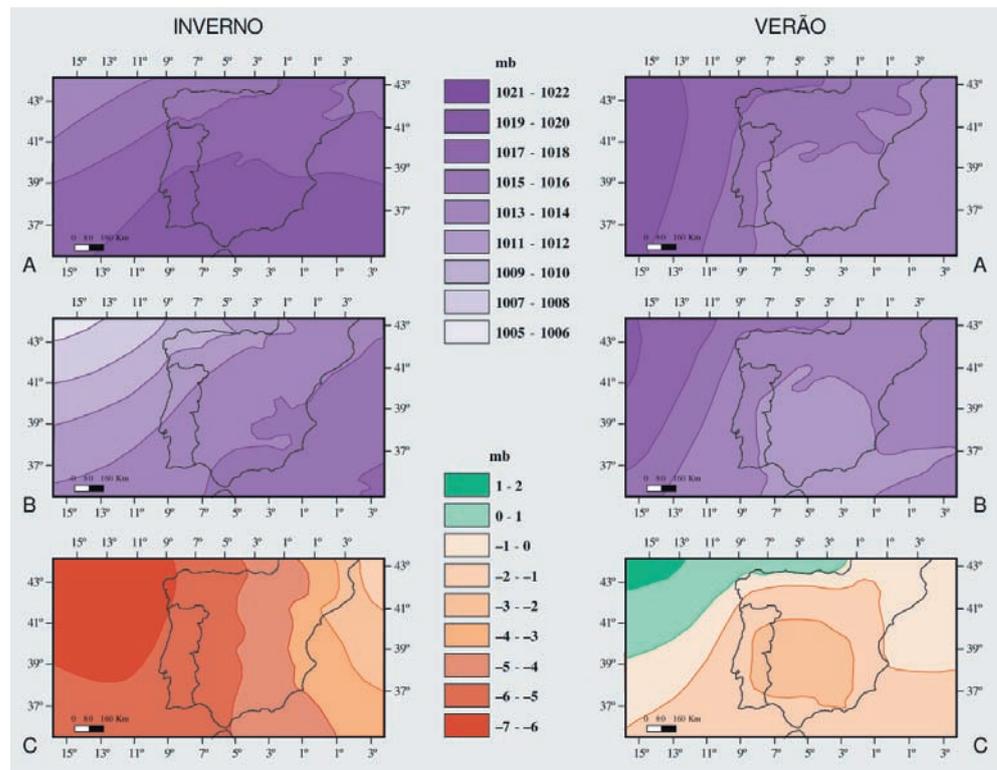
- Incremento substancial da temperatura média. O aquecimento será maior nas temperaturas máximas do que nas mínimas, o que levará ao aumento das amplitudes térmicas. Ao mesmo tempo, haverá o aumento do gradiente térmico entre o oceano e o continente.
- Aumento do número de dias com ondas de calor (temperatura máxima superior a 35º C) e de noites tropicais (temperatura mínima acima dos 20º C), bem como o decréscimo acentuado do número de dias muito frios (temperatura mínima igual ou inferior a 0º C), deixando de existir geadas.
- Redução da precipitação média e da duração das estações das chuvas. O modelo regional prevê um aumento da precipitação no Inverno, com eventos de forte precipitação diária (acima dos 10 mm/dia) e um forte decréscimo nas outras estações.

O problema está no facto de o aquecimento tender a intensificar-se mais nas altas latitudes do que nas baixas, o que fará diminuir os contrastes latitudinais, causando mudanças nas relações globais e regionais dos centros de pressão, do vento e da precipitação. E, a ser assim, a resposta do índice NAO (North Atlantic Oscillation, tratado no ponto 4.1.) será determinante para a evolução futura das condições ambientais em Portugal.

Se houver decréscimo do índice NAO, isso tanto pode resultar da diminuição da pressão ao nível do mar nos Açores como do aumento da pressão na Islândia, tudo indicando que será o primeiro processo a ser mais acentuado, em linha com o aquecimento da atmosfera.

Este aspecto parece vir a criar um distúrbio na distribuição normal das áreas de influência dos centros barométricos e da geometria das respectivas isóbaras, uma vez que o modelo regional (HadRM) prevê que a Ibéria, no Inverno, fique afastada do Anticiclone dos Açores, baixando aqui a pressão média.

De facto, prevê-se que, no Inverno, se acentue uma orientação SW-NE da pressão dominante, com uma diminuição mais acentuada da pressão atmosférica a oeste da Península Ibérica, o que está relacionado com a passagem de sistemas frontais com a direcção média W-SW do vento geostrófico (Figura 2). A queda de 5-6 milibares na área oeste é potenciada pela deslocação para Este das altas pressões, sejam as do domínio térmico sejam as do norte de África.



**Figura 2:** Pressão atmosférica média ao nível do mar, de acordo com: **A** – período de controlo do modelo HadRM (1961-1990); **B** – simulação com aumento de CO<sub>2</sub> para o período de 2080-2100; **C** – anomalia da pressão atmosférica média (adaptado de Miranda *et al.*, 2002).

Em contraste, as elevadas temperaturas do Verão levam à instalação de uma quase estacionária “baixa quente”, devido à queda da pressão média no Verão em cerca de 2/3 milibares. Neste cenário, deverá ocorrer a intensificação da “nortada” costeira, uma vez que as isóbaras ficam mais próximas (há maior declive) e, portanto, com uma maior magnitude do vento geostrófico, sendo a intensidade do vento o factor primordial na evolução dos incêndios em todo o litoral oeste.

Deve referir-se que o modelo HadRM também prevê o aumento da temperatura oceânica em cerca de 3-4<sup>o</sup> C até ao período de 2080-2100, em DJF (Inverno) e de 4<sup>o</sup> C em JJA (Verão), o que terá certamente impactes profundos na flora e na fauna costeira e litoral. Mas, perante um conjunto tão vasto de factores e tão difíceis de analisar, será talvez melhor, por enquanto, falar de plausibilidade dos cenários apresentados do que propriamente na probabilidade de virem a confirmar-se.

A verdade é que devemos esperar que as alterações climáticas tenham impactes profundos no escoamento, na recarga dos aquíferos, na frequência e na magnitude das inundações e das secas e, muito particularmente, na qualidade dos recursos aquáticos. Até porque ambos os modelos (HadCM e HadRM) apontam para a redução do escoamento fluvial no Século XXI (especialmente no Sul) e maior assimetria espacial na água disponível em Portugal.

Estão em causa mudanças nos volumes dos fluxos aquáticos que acentuam o efeito da temperatura na qualidade da água, nomeadamente nos níveis de Oxigénio Dissolvido (OD) e nos processos bioquímicos. Além disso, aumentam os riscos de intrusão salina, quer pela subida do nível do mar quer pelo aumento da evapotranspiração potencial, sobretudo no Verão/Outono, período em que o modelo HadRM2 prevê para os rios portugueses um forte decréscimo de caudais até ao ano de 2100.

No que respeita à erosão costeira, tem-se referido que actualmente em Portugal esta é imputável à elevação do nível médio relativo do mar. Esta elevação é frequentemente denominada por "elevação secular" por se fazer sentir durante prazos temporais alargados (de ordem secular). Mas o litoral está sujeito aos impactes de outras elevações do nível médio do mar, que se fazem sentir em períodos bastante mais curtos e que constituem, também, riscos importantes para a zona costeira.

Assim, as elevações do nível do mar que constituem riscos naturais para a faixa costeira são constituídas por quatro tipos de fenómenos distintos:

- a) As variações globais, actualmente com expressão nas elevações lentas devidas a causas naturais (ou induzidas indirectamente por actividades antrópicas) e que normalmente são designadas por variações seculares do nível do mar;
- b) As elevações do nível do mar de muito curto período (da ordem de segundos) mas repetitivas, devidas às ondas de grande altura produzidas no decurso de temporais violentos;
- c) As elevações do nível do mar de origem meteorológica, de curto a médio período (da ordem de horas ou dias), que normalmente ocorrem associadas aos núcleos de baixas pressões indutoras de temporais, e que por isso se denominam geralmente pelo termo anglo-saxónico "storm surge";
- d) As elevações devidas à ocorrência de grandes ondas, do tipo solitário, que são induzidas por sismos com epicentros localizados no mar e que geralmente são designadas por "tsunamis".

Neste contexto, é de esperar que no futuro possa haver o incremento significativo da erosão costeira (com o conseqüente recuo da linha de costa e as destruições a ela inerentes), das inundações mais frequentes e mais catastróficas de zonas ribeirinhas, da salinização de aquíferos e da ampliação das cunhas salinas nos estuários, etc. E tudo isto, registe-se, pode não significar de todo que a erosão costeira e as inundações decorram do aumento do declive no litoral próximo (pela elevação do nível do mar), mas que até seja uma consequência da diminuição da batimetria num período (algumas décadas) em que a orla esteja em acreção. Mas esse é um assunto que não cabe nesta apresentação nem deve prejudicar a análise contemporânea das situações de risco.

Seja como for, as consequências das mudanças climáticas far-se-ão sentir a todos os níveis, inclusivamente no sector das pescas, uma vez que a maior parte das espécies piscícolas são muito sensíveis a pequenas variações da temperatura, da salinidade e da turbidez das águas, entre outras.

As projecções de resultados para o ano 2100 são preocupantes para as zonas de foz porque, em termos de impactes directos, implicam:

- a) Aumento da erosão costeira natural;
- b) Ampliação do assoreamento nas zonas estuarinas e lagunares (com redução significativa

dos materiais exportados para a costa e entrada de maiores volumes de areias transportadas em deriva litoral com eventual redução do trânsito sedimentar costeiro nalguns troços);  
c) Acentuar da perda de áreas de sapal (precisamente as zonas de terra onde a produtividade biológica é maior).

Como se espera fique demonstrado, a ocupação humana da zona costeira em áreas de maior vulnerabilidade é o principal factor responsável pelos fenómenos erosivos ao alterar a dinâmica dos processos naturais. Como resposta, surge a necessidade de construção de novas obras pesadas de defesa costeira que, muitas vezes, actuam em situações de emergência para proteger pessoas e bens. São exemplos alguns sectores litorais baixos e arenosos, mas também os troços de arriba, existindo diversas situações de instabilidade das falésias que, devido a intenso uso e carga construtiva, têm levado à necessidade de intervenções correctivas e de emergência.

## 2.2. Estratégias integradas

Os crescentes problemas relacionados com os impactes das alterações climáticas e da degradação dos recursos hídricos vieram mostrar as interdependências e a afectação dos ecossistemas e da biodiversidade à escala global, reduzindo rapidamente o número de espécies e de variedades genéticas. E com a perda de estabilidade da biosfera, perde-se a estabilidade climática, a produção de recursos naturais e, também, os valores imateriais (estéticos, paisagísticos, culturais) que, por exemplo, são transformados em valores materiais pelo turismo.

Para os vários domínios de política sectorial com impacte territorial, o Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT), aprovado pela Lei nº 58/2007, de 4 de Setembro, é o instrumento que define o modelo de desenvolvimento territorial do País a longo prazo (para o horizonte de 2025), fixa objectivos estratégicos e específicos, identifica medidas prioritárias para atingir esses objectivos e fornece orientações para a elaboração dos restantes instrumentos de gestão territorial. No domínio dos recursos naturais e gestão de riscos, são identificados problemas de primeira linha, como a degradação da qualidade da água e deficiente gestão dos recursos hídricos e a insuficiente consideração dos perigos nas acções de ocupação e transformação do território, com particular ênfase para os sismos, os incêndios florestais, as cheias e inundações e a erosão das zonas costeiras.

Três dos primeiros quatro grandes problemas identificados no modelo territorial do PNPOT relacionam-se com situações de risco. Isso significa que a gestão preventiva de riscos constitui uma prioridade de primeira linha da política de ordenamento do território, sendo considerada uma condicionante fundamental da organização das várias componentes do modelo e um objectivo do programa das políticas do PNPOT e, ainda, um elemento obrigatório dos outros instrumentos de gestão territorial.

O PNPOT foi o primeiro instrumento de gestão territorial moderno que expressamente considerou os riscos e as vulnerabilidades territoriais na definição do modelo territorial, sobretudo pela situação geográfica e as características geológicas e climáticas de Portugal (nos territórios do continente e nas regiões insulares) e o contexto actual das alterações climáticas, para os quais se exige a monitorização e a gestão preventivas dos diversos riscos

naturais ou antrópicos. Desde logo, porque o 1º Objectivo Estratégico do PNPT é "conservar e valorizar a biodiversidade, os recursos e o património natural, paisagístico e cultural, utilizar de modo sustentável os recursos energéticos e geológicos, e monitorizar, prevenir e minimizar os riscos".

Neste contexto, as frentes costeiras e as zonas húmidas contíguas representam expoentes de riqueza biológica, habitualmente caracterizados por grande número de espécies, habitats de espécies em perigo de extinção, habitats de espécies endémicas e de espécies migradoras, além de aspectos particulares e do alto valor social que continua a atrair gerações de novos residentes. Razões que impõem uma abordagem holística e sistémica das complexidades envolvidas, própria dos processos de gestão integrada das zonas costeiras (GIZC) que contemplam fenómenos naturais e humanos.

Simultaneamente, coloca-se o problema de a água ser um bem que não é eternamente renovável, de uso linear e indiscriminado. Isso, hoje em dia, diz respeito não só à água doce e ao abastecimento das sociedades, mas também à forma como a água chega ao litoral, a quantidade escoada, a intensidade dos fluxos e a carga de compostos que estão dissolvidos e em suspensão. Daí a importância da transposição da Directiva nº 2000/60/CE (Directiva-Quadro da Água) para a ordem jurídica nacional, através da aprovação da Lei nº 58/2005 (Lei da Água) que estabelece as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas, tendo por âmbito de aplicação a totalidade dos recursos hídricos, qualquer que seja o seu regime jurídico e abrangendo, além das águas, os respectivos leitos e margens, as zonas adjacentes, as zonas de infiltração máxima e as zonas protegidas.

A Lei da Água estabelece o enquadramento para a gestão das águas superficiais (interiores, de transição e costeiras) e das águas subterrâneas, através dos seguintes objectivos:

- a) Evitar a continuação da degradação e proteger e melhorar o estado dos ecossistemas aquáticos e também dos ecossistemas terrestres e zonas húmidas directamente dependentes dos ecossistemas aquáticos, no que respeita às suas necessidades de água;
- b) Promover uma utilização sustentável de água, baseada numa protecção a longo prazo dos recursos hídricos disponíveis;
- c) Obter uma protecção reforçada e um melhoramento do ambiente aquático, nomeadamente através de medidas específicas para a redução gradual e a cessação ou eliminação por fases das descargas, das emissões e perdas de substâncias prioritárias;
- d) Assegurar a redução gradual da poluição das águas subterrâneas e evitar o agravamento da sua poluição;
- e) Mitigar os efeitos das inundações e das secas;
- f) Assegurar o fornecimento em quantidade suficiente de água de origem superficial e subterrânea de boa qualidade, conforme necessário para uma utilização sustentável, equilibrada e equitativa da água;
- g) Proteger as águas marinhas, incluindo as territoriais;
- h) Assegurar o cumprimento dos objectivos dos acordos internacionais pertinentes, incluindo os que se destinam à prevenção e eliminação da poluição no ambiente marinho.

Do conjunto de instrumentos de gestão que contribuem para atingir estes objectivos nas zonas costeiras, sobressaem os Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC),

com enquadramento no Decreto-Lei n.º 309/93, de 2 de Setembro; e os Planos de Ordenamento dos Estuários (POE), aprovados pelo Decreto-Lei n.º 129/2008, de 21 de Julho.

Os POOC têm por objecto as águas marítimas costeiras e interiores e os respectivos leitos e margens, assim como as faixas de protecção marítima e terrestre, definidas em legislação específica, ou no âmbito de cada plano. Estabelecem opções estratégicas para a protecção e integridade biofísica da área envolvida, com a valorização dos recursos naturais e a conservação dos seus valores ambientais e paisagísticos, nomeadamente porque:

- a) Ordenam os diferentes usos e actividades específicas da orla costeira;
- b) Classificam as praias e disciplinam o uso das praias especificamente vocacionadas para uso balnear;
- c) Valorizam e qualificam as praias, dunas e falésias consideradas estratégicas por motivos ambientais e turísticos;
- d) Enquadram o desenvolvimento das actividades específicas da orla costeira e o respectivo saneamento básico;
- e) Asseguram os equilíbrios morfodinâmicos e a defesa e conservação dos ecossistemas litorais.

Quanto aos POE, visam a protecção das águas estuarinas, leitos e margens e dos ecossistemas que as habitam, assim como a valorização social, económica e ambiental da orla terrestre envolvente, nomeadamente porque:

- a) Asseguram a gestão integrada das águas de transição com as águas interiores e costeiras confinantes, bem como dos respectivos sedimentos;
- b) Preservam e recuperam as espécies aquáticas e ribeirinhas protegidas e os respectivos habitats;
- c) Ordenam a ocupação da orla estuarina e salvaguardam os locais de especial interesse urbano, recreativo, turístico e paisagístico;
- d) Indicam os usos permitidos e as condições a respeitar pelas várias actividades industriais e de transportes implantadas em torno do estuário.

No âmbito dos normativos com vista a uma intervenção qualificada para a sustentabilidade dos usos e ocupações da zona costeira, assume particular relevo a Estratégia Nacional para a Gestão Integrada das Zonas Costeiras (ENGIZC), aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 82/2009, de 20 de Agosto de 2009 que reconhece a importância estratégica da zona costeira e a necessidade de proceder à sua protecção e gestão integrada, culminando um longo percurso iniciado com a clarificação do regime jurídico dos terrenos do Domínio Público Marítimo (Decreto-Lei n.º 468/71, de 5 de Novembro), que será analisado com mais pormenor adiante, mas que desde já é referido por se tratar de uma medida inovadora de constituição de uma faixa de protecção do litoral, criada em 1864 e que foi adoptada posteriormente por outros países europeus.

A ENGIZC tem como visão uma zona costeira harmoniosamente desenvolvida e sustentável, baseada numa abordagem sistémica e de valorização dos seus recursos e valores identitários, suportada no conhecimento e gerida segundo um modelo que articula instituições, políticas e instrumentos e assegura a participação dos diferentes actores intervenientes.

Pretende-se que sejam intensificadas as medidas de salvaguarda dos riscos naturais na faixa costeira, designadamente por via de operações de monitorização e identificação de zonas de risco aptas a fundamentar os planos de acção necessários a uma adequada protecção, prevenção e socorro, possibilitando, assim, a prossecução dos objectivos temáticos da ENGIZC:

- a) Conservar e valorizar os recursos e o património natural, cultural e paisagístico;
- b) Antecipar, prevenir e gerir situações de risco e de impactos de natureza ambiental, social e económica;
- c) Promover o desenvolvimento sustentável de actividades geradoras de riqueza e que contribuam para a valorização de recursos específicos da zona costeira;
- d) Aprofundar o conhecimento científico sobre os sistemas, os ecossistemas e as paisagens costeiras.

A ENGIZC identifica também muitos dos factores que estão em jogo no processo, realçando:

- A biodiversidade e a singularidade dos sistemas e ecossistemas costeiros (espaços de interacção entre o mar e a terra) que importa proteger e valorizar;
- A susceptibilidade aos fenómenos de erosão, aos temporais e às situações meteorológicas extremas;
- A concentração de população e de actividades económicas, que está na origem de pressões que colocam em causa a sustentabilidade dos ecossistemas costeiros, a manutenção dos bens e serviços por eles prestados e a sua integridade, e que, em diversas situações, constituem situações de risco para pessoas e bens;
- A necessidade de reforçar a componente marítima na gestão costeira;
- O potencial económico que representam os recursos costeiros no quadro da economia nacional e a representatividade económica das diversas actividades aí desenvolvidas;
- A necessidade de integrar a problemática das alterações climáticas na gestão costeira, de forma a incorporar medidas e orientações sectoriais específicas de adaptação às alterações previsíveis (e.g., subida do nível médio do mar, acidificação do oceano, aumento da temperatura média global das águas superficiais oceânicas, entre outras);
- A intensificação ou emergência de novos usos e actividades suportados no conhecimento científico;
- A desadequação do modelo de governação para assegurar uma resposta adequada aos novos paradigmas e à necessidade de conciliação dos interesses em presença em favor do desenvolvimento sustentável da zona costeira;
- O incipiente envolvimento das populações locais nos processos de tomada de decisão, o insuficiente reconhecimento das suas vivências e experiências e o défice de partilha e co-responsabilização no que se refere à gestão da zona costeira;
- A falta de sistematização de dados e insuficiente monitorização, limitando o conhecimento das principais dinâmicas e dos seus efeitos sobre a zona costeira, o que tem repercussões sobre o modelo de gestão e pode afectar as tomadas de decisão;
- A existência de um quadro institucional complexo, a multiplicidade de políticas sectoriais e a diversidade de instrumentos com incidência na zona costeira.

É necessário, pois, compreender as dinâmicas de interface entre os diferentes ambientes marinhos, terrestres e atmosféricos, do modo como as correntes, as ondas, as marés, o vento e a própria gravidade fazem movimentar os sedimentos e os nutrientes, moldando a morfologia e influenciando as espécies e a configuração dos habitats.

E reconhecer, também, que é tão importante haver movimento, agitação e dispersão como garantir a funcionalidade de zonas de filtragem que mantêm os componentes dos sistemas num equilíbrio frágil e controlado por processos físicos e biológicos que podem ser facilmente perturbados por alterações naturais e humanas.

Considerando todos os factores em jogo, sobressai o interesse na diversidade (Quadro I), sabendo que a costa portuguesa se encontra numa zona de transição climática, privilegiada para a monitorização das deslocações de centros barométricos gerais e regionais, das mudanças na direcção e intensidade do vento, das oscilações da temperatura e da pluviosidade e da evolução do clima de agitação marítima. Este último, tem diferentes impactes em função de vários factores, para além dos climáticos, entre os quais a configuração e orientação da linha de costa, a constituição geológica, as características de certos afloramentos rochosos e arribas costeiras, a dimensão das praias e dos sistemas dunares, os fluxos fluviais e as áreas de sedimentação dominante, tendo em conta que também existem estruturas antrópicas de defesa costeira que acumulam efeitos e distúrbios no trânsito e nos balanços sedimentares.

**Quadro I:** Resumo e enquadramento dos principais indicadores de referência na caracterização ambiental da zona costeira (adaptado de Henriques, 1994; e Ribeiro, 2006).

<b>Categoria</b>	<b>Subcategoria</b>	<b>Indicadores ambientais</b>
Geofísica	Geomorfologia	Relevo, configuração da costa, declives e orientações, bacia hidrográfica e rede hidrográfica.
	Geologia	Formações geológicas, litologia, características das formações rochosas emersas e da plataforma continental.
	Sedimentologia	Transporte sólido, granulometria, origem dos sedimentos, trânsito sedimentar, características das áreas de deposição sedimentar, zonas com risco de erosão, batimetria.
Climatologia	Meteorologia	Pressão atmosférica (altas e baixas pressões, índice NAO), temperatura (temperaturas médias, amplitudes térmicas), ventos (direcção, velocidade), precipitação (valores médios e extremos), humidade (humidade absoluta e relativa), radiação solar.
Oceanografia	Agitação marítima	Ondas (comprimento, período e alturas significativas), marés (onda mareal, ciclos mareais, amplitudes mareais), "storm surge", correntes marítimas, refacção, difracção.

Hidrologia	Águas superficiais	Cursos de água (caudais médios, caudais extremos e variações sazonais), fluxos de enchente e de vazante (prisma mareal, velocidade, profundidade, transporte sólido), características do material aluvionar, barragens e outros obstáculos hidráulicos.
	Águas subterrâneas	Características e distribuição dos aquíferos (condicionamento, caudais), níveis freáticos (valores médios e variações anuais), intrusão salina, áreas de recarga e descarga, captações, vulnerabilidade à poluição.
Qualidade da água	Rios, estuários, lagunas e águas costeiras	Temperatura, pH, OD (oxigénio dissolvido) CBO (carência bioquímica de oxigénio), turvação, cor, densidade, salinidade, nitratos, nitritos, fosfatos, amónia, amoníaco, biotoxinas, pesticidas, coliformes, matéria orgânica, metais pesados.
Sistemas de consumo de água	Utilização de água	Caudais (variações diárias e sazonais), rega e drenagem de campos agrícolas, abastecimento doméstico e público, abastecimento industrial.
	Captação, tratamento e rejeição de água	Qualidade da água (fluxos, composição, contaminações), captações superficiais e subterrâneas, redes de saneamento, esgotos e efluentes tratados, emissários submarinos (caudais, parâmetros físico-químicos e bioquímicos).
Ecologia	Litoral	Substratos móvel e fixo, andares ecológicos, ressurgência ("upwelling"), distribuição de espécies e habitats.
	Zona Costeira	Espécies sedentárias e migratórias, espécies exóticas e infestantes, habitats marinhos e de transição (inframareais, intermareais, supramareais), biótopos (sapais, salinas, dunas costeiras, lagunas), eutrofização.

Deste modo se percebe que as abordagens são complexas e impõem novos quadros de intervenção e responsabilidade, no sentido dos princípios definidos pela ENGIZC e que deverão estar reflectidos nos Instrumentos de Gestão Territorial:

1. **Sustentabilidade e solidariedade intergeracional**, promovendo a compatibilização em todo o território nacional entre o desenvolvimento socioeconómico e a conservação da natureza, da biodiversidade e da geodiversidade, num quadro de qualidade de vida das populações actuais e vindouras;
2. **Coesão e equidade**, assegurando o equilíbrio social e territorial e uma distribuição equilibrada dos recursos e das oportunidades pelos diversos grupos sociais, classes geracionais e territórios;
3. **Prevenção e precaução**, antecipando os problemas e adoptando uma atitude

cautelar face ao défice de conhecimento ou à insuficiente capacidade de intervenção, minimizando riscos e impactos negativos;

4. **Abordagem sistémica**, criando uma nova cultura transversal, intersectorial e interdisciplinar que permita uma visão integradora e prospectiva da zona costeira;

5. **Conhecimento científico e técnico**, apoiando as decisões de medidas de ordenamento e gestão, a compreensão dos fenómenos e a sua evolução dinâmica, bem como a resolução dos conflitos de uso que se colocam à zona costeira;

6. **Subsidiariedade**, coordenando os procedimentos dos diversos níveis da Administração Pública e dos níveis e especificidades regionais/locais, de forma a privilegiar o nível decisório mais próximo do cidadão;

7. **Participação**, potenciando o activo envolvimento do público, das instituições e dos agentes locais e reforçando a consciência cívica dos cidadãos, através do acesso à informação e à intervenção nos procedimentos de elaboração, execução, avaliação e revisão dos instrumentos de gestão territorial;

8. **Co-responsabilização**, envolvendo a partilha da responsabilidade nas opções de gestão da zona costeira com a comunidade, os agentes económicos, os cidadãos e associações representativas, através da aplicação não só dos princípios do poluidor-pagador e do utilizador-pagador, mas também de formas institucionais e de cooperação inter-institucional (multi-escala e transversal) que permitam uma gestão mais próxima dos cidadãos e dos utentes da zona costeira;

9. **Operacionalidade**, criando mecanismos legais, institucionais, financeiros e programáticos eficazes e eficientes, capazes de garantir a realização dos objectivos e das intervenções.

Para que haja eficácia no ordenamento costeiro, os planeadores precisam de saber a forma como o ambiente natural e as actividades humanas estão conectados, formando um sistema que integra diversos processos biológicos, físicos, socioeconómicos e, também, legais e institucionais. Destes processos resultam conflitos que partem, antes de mais, de diferentes pontos de vista dos utilizadores da costa no que respeita ao planeamento do uso do solo, aos usos recreativos da faixa costeira, às fronteiras das áreas ambientalmente sensíveis, às necessidades da conservação da natureza e à própria antecipação das mudanças do nível do mar e outras mudanças que podem colocar em risco a segurança das pessoas e das estruturas de suporte às actividades.

### 2.3. Riscos e Protecção Civil

A Lei de Bases da Protecção Civil (Lei nº 27/2006, de 3 de Julho) define a protecção civil como a actividade desenvolvida pelo Estado, regiões autónomas e autarquias locais, pelos cidadãos e por todas as entidades públicas e privadas com a finalidade de prevenir riscos colectivos inerentes a situações de acidente grave ou catástrofe, de atenuar os seus efeitos e proteger e socorrer as pessoas e bens em perigo quando aquelas situações ocorram. Isso significa que nem todas as acções de emergência e socorro devem ser entendidas como acções de protecção civil (ver art.º 3º da Lei nº 27/2006), tal como está referido no SIOPS (Sistema Integrado de Operações de Protecção e Socorro, criado pelo Decreto-Lei nº 134/2006, de 25 de Julho) que aponta para a necessidade de responder a situações de iminência ou de ocorrência de acidente grave ou catástrofe, justificando assim a necessidade da existência de um comando único no sistema de gestão de operações.

A verdade é que o tipo de riscos que afectam as zonas costeiras é de molde a configurar situações graves ou catastróficas para as pessoas, o património e o meio ambiente, obrigando à tomada de medidas preventivas de planeamento e ordenamento, na linha do programa de acção da ENGIZC que considera que a definição de intervenções de qualificação do território que resultem dos Instrumentos de Gestão Territorial em vigor, em especial as que envolvem situações de risco para pessoas e bens, bem como as que exijam uma articulação institucional complexa ou, ainda, as que possam ter um carácter demonstrativo de qualificação das zonas costeiras, devem ser eleitas como intervenções prioritárias. De igual forma, deverão ser equacionadas as especificidades das zonas costeiras das Regiões Continentais e Insulares, nas suas vertentes de variabilidade biofísica, situações de maior gravidade de recuo da linha de costa, índices de ocupação e actividades socioeconómicas.

Esta complexidade ganha significado nos princípios de actuação da protecção civil, dos quais se destacam:

- O princípio da prevenção, por força do qual os riscos de acidente grave ou de catástrofe devem ser considerados de forma antecipada, de modo a eliminar as próprias causas, ou a reduzir as suas consequências;
- O princípio da precaução, de acordo com o qual devem ser adoptadas as medidas de diminuição do risco de acidente grave ou catástrofe, inerente a cada actividade, associando a presunção de imputação de eventuais danos à mera violação daquele dever de cuidado.

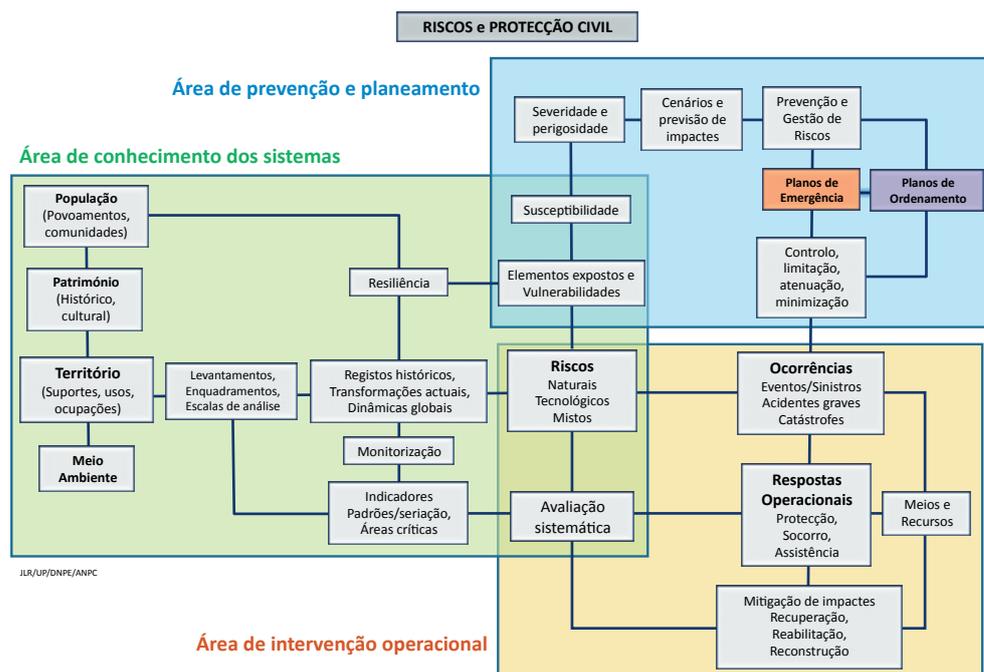
Nesse sentido, é importante apreender os domínios da actividade da protecção civil, relevando os que são descritos no art.º 4º da Lei de Bases da Protecção Civil (LBPC):

- a) Levantamento, previsão, avaliação e prevenção dos riscos colectivos;
- b) Análise permanente das vulnerabilidades perante situações de risco;
- c) Informação e formação das populações, visando a sua sensibilização em matéria de autoprotecção e de colaboração com as autoridades;
- d) Planeamento de soluções de emergência, visando a busca, o salvamento, a prestação de socorro e de assistência, bem como a evacuação, alojamento e abastecimento das populações;
- e) Inventariação dos recursos e meios disponíveis e dos mais facilmente mobilizáveis, ao nível local, regional e nacional;
- f) Estudo e divulgação de formas adequadas de protecção dos edifícios em geral, de monumentos e de outros bens culturais, de infra-estruturas, do património arquivístico, de instalações de serviços essenciais, bem como do ambiente e dos recursos naturais;
- g) Previsão e planeamento de acções atinentes à eventualidade de isolamento de áreas afectadas por riscos.

No enquadramento da análise, avaliação e gestão de riscos em protecção civil, sobressaem três grandes áreas complementares e interdependentes com o ordenamento do território (Figura 3):

1. A área de conhecimento dos sistemas que engloba os dados de caracterização do território, em termos ambientais e dos usos e ocupações, a composição e os comportamentos da população, os projectos em desenvolvimento e as possíveis ameaças face aos riscos identificados, bem como as potencialidades na organização social e institucional da protecção civil;

2. A área de prevenção e planeamento que refere a actividade de elaboração de planos com base em probabilidades de ocorrência de acidentes graves ou catástrofes e o desenho de cenários que prevêm a mobilização de meios e recursos e as medidas de ordenamento que possibilitam e facilitam as estratégias de defesas activa e passiva;
3. A área de intervenção operacional que enquadra as tarefas e funções dos agentes de protecção civil, mobilizados de acordo com o previsto nos planos de emergência e nos seus critérios de activação que, por via dos exercícios realizados ou das ocorrências reais, integram novos dados e performances.



**Figura 3:** Esquema conceptual de análise, avaliação e gestão de riscos no âmbito da articulação estratégica entre a protecção civil e o ordenamento do território.

Tais domínios evidenciam as complementaridades que devem ser consolidadas nos diversos níveis da administração, nomeadamente as que decorrem da maior interligação entre os mecanismos de planeamento de protecção civil e os instrumentos de gestão territorial, como preconiza a Resolução n.º 25/2008, publicada no Diário da República IIª Série de 18 de Julho, que aprova a directiva relativa aos critérios e normas técnicas para a elaboração e operacionalização de planos de emergência de protecção civil. E também nas orientações para a análise, a avaliação e a georreferenciação de riscos descritas no Guia Metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal, publicado em Setembro de 2009, cumprindo a missão definida no Despacho n.º 27660/2008, dos Ministérios da Administração Interna e do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, de 15 de Outubro de 2008.

As estratégias de complementaridade passam pela articulação de medidas e a cooperação institucional, ao mesmo tempo que é necessário mobilizar os cidadãos, começando pelos direitos fundamentais que, como garante a Lei de Bases da Protecção Civil (art.º 7.º do Decreto-Lei n.º 27/2006), lhes atribuem o direito à informação e à formação sobre os riscos a que estão sujeitos e as medidas adoptadas e a adoptar, bem como os procedimentos de autoprotecção adequados.

### 3. UNIDADES TERRITORIAIS E ESTATUTOS DE PROTECÇÃO

A zona costeira contém muitos dos mais complexos, diversos e produtivos ecossistemas da Terra. Situada entre o continente e o oceano, funciona simultaneamente como protecção e filtro entre sistemas aquáticos e terrestres, possibilitando inúmeras interações biológicas, químicas, físicas, geológicas, oceanográficas e meteorológicas.

Na zona costeira existem condições únicas de refúgio, alimentação e maternidade para inúmeras espécies marinhas e vastas comunidades terrestres, em especial as aves. Nesta estreita faixa do território, também se exprime o valor inestimável das zonas húmidas, como os estuários e as lagunas, que são das mais produtivas da biosfera, retêm poluentes e depuram as águas, ao mesmo tempo que funcionam como barreiras eficazes contra inundações e tempestades.

Além do mais, na zona costeira ocorrem relações de natureza social, económica e cultural, intensas e permanentes. Cada vez mais população escolhe a proximidade do mar para habitar e o aumento da pressão pela transformação de usos está a agravar os conflitos entre as actividades humanas e a preservação da biodiversidade e do equilíbrio ecológico. Daí que a questão da evolução de fronteiras e da sua variabilidade temporal seja muito importante, tendo em conta o que se passa actualmente com alguma migração de praias para o interior, num processo que também está relacionado com distúrbios antrópicos sobre as correntes dominantes da deriva longilitoral e que tem consequências no enquadramento legal da zona costeira, nas acções de protecção e de ordenamento, na preservação dos recursos naturais e na própria sustentabilidade das actividades económicas e do usufruto das paisagens. Um conjunto de problemas que inspirou a introdução da figura legislativa de "zona adjacente", a qual tem por objectivo principal a defesa de pessoas e bens contra eventuais catástrofes que possam ser provocadas pela invasão do mar e pelo recuo da linha de costa, em situações de tempestade, numa tentativa clara de controlar as edificações a erguer nas áreas demarcadas.

Na zona costeira são característicos diversos habitats naturais, tais como os que ocorrem em recifes e afloramentos rochosos ou fundos arenosos submareais, dunas, arribas, estuários e lagunas litorais, bem como um conjunto muito significativo de espécies da flora endémica e muito ameaçada. Os ecossistemas costeiros e litorais e os ecossistemas terrestres adjacentes são áreas ricas em espécies da fauna, com particular relevo para a avifauna.

Estes valores naturais fundamentaram a designação de áreas classificadas que integram a Rede Nacional de Áreas Protegidas e/ou a Rede Natura 2000, numa extensão aproximada de 50% do total. Para além destas áreas nucleares, integram também a Rede Fundamental de Conservação da Natureza (consagrada pelo Decreto-Lei nº 142/2008, de 24 de Julho), áreas da Reserva Agrícola Nacional, Reserva Ecológica Nacional e o Domínio Público Marítimo, vastamente representadas na zona costeira.

#### 3.1. Conceitos essenciais

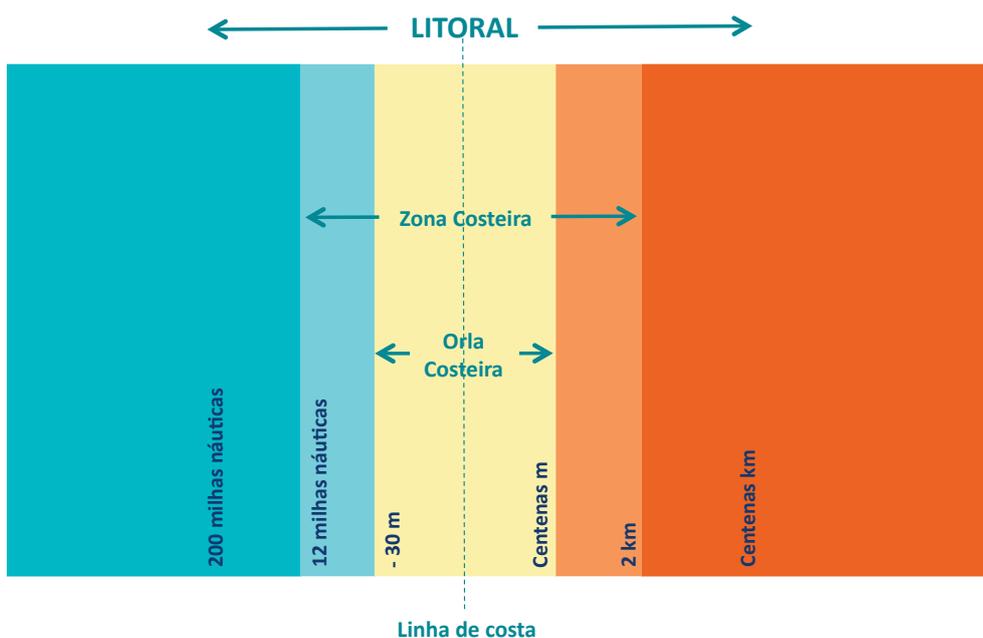
Não há consenso em relação ao estabelecimento dos limites físicos da zona costeira, não só porque esses limites dependem do objectivo e do contexto em que são estabelecidos, mas também porque as realidades físicas e biofísicas são muito distintas em termos espaciais.

De facto, a complexidade dos sistemas costeiros leva a que não exista uma definição universal em relação ao que é a zona costeira e quais são os seus limites precisos. Existem mesmo diferentes perspectivas dos limites que esta deve ter, o que tem resultado na utilização de diferentes definições em diferentes países. Efectivamente, a dinâmica destas áreas de transição é quase sempre incompatível com a imposição de limites rígidos, qualquer que seja a sua ordem de grandeza.

Também não existe uma definição de zona costeira proposta pela Comissão Europeia. A Comunicação ao Conselho e ao Parlamento Europeu sobre Gestão Integrada de Zonas Costeiras (COM 511 final/2) aponta não ser desejável existir uma definição legal demasiado exclusiva da zona costeira para fins genéricos, sendo antes preferível que sejam incluídas todas as áreas onde o mar e a terra exerçam uma influência mútua.

No documento sobre as "Bases para a Gestão Integrada da Zona Costeira" (2005) considera-se como zona costeira a "porção de território influenciada directa e indirectamente em termos biofísicos pelo mar (ondas, marés, ventos, biota ou salinidade) e que pode ter para o lado da terra largura tipicamente de ordem quilométrica e se estende, do lado do mar, até ao limite da plataforma continental".

Por outro lado, o documento "Bases para a Estratégia de Gestão Integrada da Zona Costeira Nacional" procura articular-se com a Estratégia Nacional para o Mar e daí resulta que a ENGIZC adopte a seguinte definição: "Zona costeira é a porção de território influenciada directa e indirectamente, em termos biofísicos, pelo mar (ondas, marés, ventos, biota ou salinidade) e que, sem prejuízo das adaptações aos territórios específicos, tem, para o lado de terra, a largura de 2km medida a partir da linha da máxima preia-mar de águas vivas equinociais (LMPMAVE) e se estende, para o lado do mar, até ao limite das águas territoriais (12 milhas náuticas), incluindo o leito" (Figura 4).



**Figura 4:** Conceito de Zona Costeira (limites) adoptada pela ENGIZC, na Resolução do Conselho de Ministros n.º 82/2009, de 20 de Agosto de 2009.

Seja como for, não é difícil entender que nos limites dos ambientes aquáticos existe uma zona litoral que abrange praias, rochedos e terras húmidas mareais, numa interpenetração de fronteiras que revelam factores terrestres que estão relacionados com a "costa", enquanto os factores marinhos e biológicos se relacionam com o "litoral". A zona entre marés representa a posição mais central e visível da sobreposição de conceitos, uma vez que é alternadamente parte do leito oceânico e parte da costa emersa.

Isso leva-nos a uma definição mais específica que é a de "faixa costeira", a qual pode ser vista apenas como a zona entre marés que se amplia nas tempestades, particularmente nos segmentos costeiros com formações frágeis (areias, arenitos), actualmente com períodos de migração para o interior. Esta zona, também conhecida como zona marítimo-terrestre, é o espaço compreendido entre a linha de máxima baixa-mar de águas vivas equinociais (LMBMAVE) e o limite até onde alcançam as ondas nos maiores temporais conhecidos, ou, quando o supere, o limite da linha de máxima preia-mar de águas vivas equinociais (LMPMAVE). E estende-se, também, pelas margens do rio até onde seja sensível o efeito das marés, incluindo as marinhas, os esteiros e as terras baixas que se inundam em consequência do fluxo e do refluxo das marés, das ondas e da infiltração da água do mar.

É na faixa costeira que se enquadra a definição de "linha de costa" que corresponde à intersecção, em cada momento, da litosfera com a hidrosfera. A sua posição modifica-se com o vai e vem da maré e o movimento das vagas, mas permite determinar um "nível médio marinho de maré nula" e sem vagas. Esse nível marinho é afectado por variações de curto e longo prazo:

- a) No primeiro caso, por fenómenos sazonais, vagas de tempestade, marés e fenómenos de "storm surge";
- b) No segundo, por variações eustáticas, isostáticas e outras como as modificações no geóide que é uma superfície equipotencial do campo de gravidade da Terra e que responde aos movimentos e transferências de matéria na astenosfera.

Os conceitos de "costa" e de "litoral" são objecto de variadas interpretações consoante os critérios e os objectivos que se usam para a sua definição. Por exemplo, nos EUA a zona costeira é a parte da terra afectada pela proximidade do mar e a parte do mar afectada pela proximidade da terra, nomeadamente a extensão que é influenciada por actividades que alteram as propriedades químicas da água e a ecologia marinha. Já em Espanha, é preferido o conceito de Litoral, o qual abrange três zonas distintas:

- A costa, faixa de poucos metros de amplitude que está ou pode estar em contacto com o mar;
- O litoral, área contígua à costa, de amplitude variável, mas situada entre os 3 e os 12 km em terra e a plataforma até à batimétrica 200 m;
- A zona de influência do litoral, uma área que pode ir até 40 km em terra e às 200 milhas marítimas.

Há, pois, uma projecção da influência do mar para o interior do continente e da influência da terra dentro do oceano.

De qualquer modo, a delimitação rígida de áreas de influência e de protecção não responde às diferenças regionais de âmbito físico, climático ou bioquímico. Por isso, a fronteira marítima da zona costeira pode estender-se a partir de um limite em profundidade que inclui

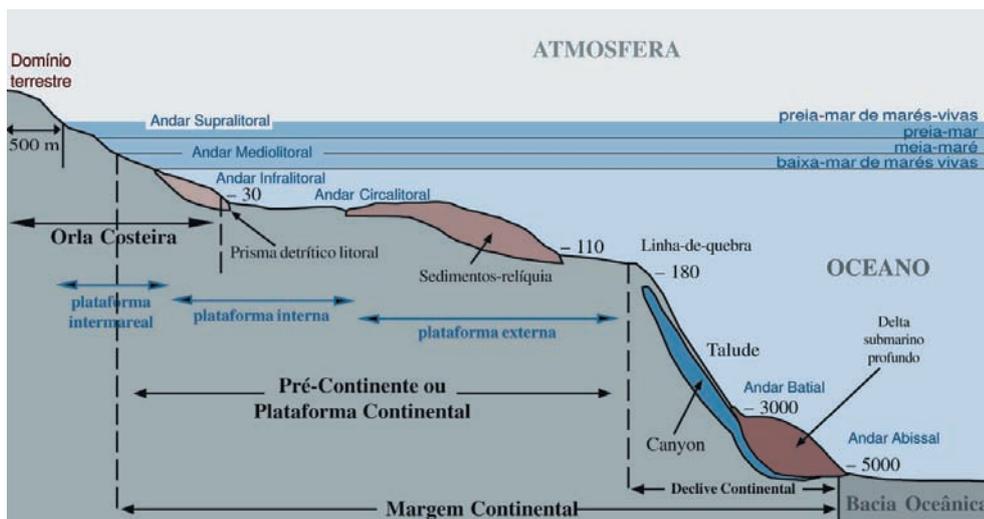
a área de distúrbio da máxima penetração das ondas, marés e ventos litorais que comandam a geomorfologia e as dinâmicas sedimentares. No litoral oeste de Portugal, aceita-se que essa profundidade poderá ser na ordem dos -15 a -20 metros (ZH), enquanto no Algarve será de cerca de -10 metros (ZH).

A dinâmica de evolução das fronteiras costeiras desactualiza a cartografia institucional e potencia a ocorrência de riscos para as estruturas humanas, para além de originar disfunções ecológicas na margem continental oceânica. São cerca de 70-80 km com relativa estabilidade orogénica que podem dividir-se em três categorias:

- Plataforma Externa que vai da linha-de-quebra (para o talude continental) a - 50 m;
- Plataforma Interna (inframareal), de - 50 m ao limite inferior mareal;
- Plataforma Intermareal, com praias ora cobertas ora descobertas pelas marés.

Grosso modo, esses fundos da plataforma continental correspondem aos andares ecológicos definidos pela bio-geomorfologia marinha (Figura 5):

- O andar Circalitoral que vai da linha-de-quebra até cerca do limite da orla costeira;
- O andar Infralitoral, daí até ao limite inferior da baixa-mar;
- O andar Mediolitoral, situado entre marés;
- O andar Supralitoral, na zona de influência de tempestades e salpicos marinhos.



**Figura 5:** Fronteiras da margem continental e da zona costeira (Ribeiro, 2006).

O último andar é biologicamente mais pobre, enquanto o andar Mediolitoral tem maior diversidade, com forte componente de bioerosão e de bioconstrução, o que tende a fazer coincidir o zonamento biológico com o zonamento geomorfológico.

A subida do nível do mar, os eventos extremos atmosféricos e o aumento da agitação marítima (à superfície e em profundidade) afectam os ecossistemas e as reservas de sedimentos. Isso pode agravar-se se for acentuado o processo de perda irreversível de sedimentos nos limites da plataforma, alterando as dinâmicas de troca actualmente existentes.

### 3.2. A Reserva Ecológica Nacional (REN)

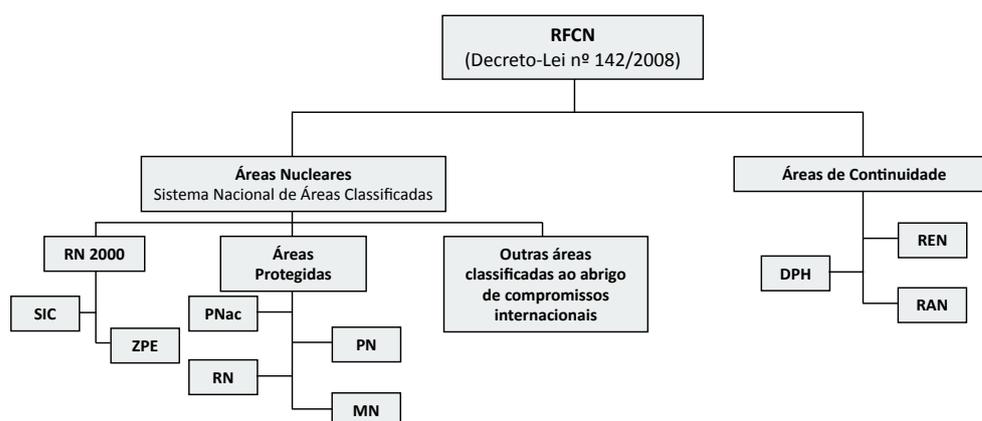
A REN é um instrumento importante para as áreas costeiras, uma vez que reconhece a sua originalidade, caracterizada por uma enorme riqueza e variedade de factores biofísicos que, simultaneamente, lhe confere uma grande vulnerabilidade e fragilidade no que respeita à manutenção do seu equilíbrio e riscos que justificam a protecção especial, dado que a REN é uma restrição de utilidade pública, à qual se aplica um regime territorial especial que estabelece um conjunto de condicionamentos à ocupação, uso e transformação do solo, identificando os usos e as acções compatíveis com os objectivos desse regime nos vários tipos de áreas.

O Artigo 4º do RJREN (Decreto-Lei nº 166/2008, de 22 de Agosto) estabelece que os objectivos são prosseguidos mediante a integração na REN das seguintes áreas:

- c) Áreas de protecção do litoral;
- b) Áreas relevantes para o ciclo hidrológico terrestre;
- c) Áreas de prevenção de riscos naturais.

Nestas áreas são proibidas acções de iniciativa pública ou privada que se traduzam em operações de loteamento, obras de urbanização, construção de edifícios, obras de hidráulica, vias de comunicação, aterros, escavações e destruição do coberto vegetal, sendo, por outro lado, permitidas os usos e as acções que sejam compatíveis com os objectivos de protecção ecológica e ambiental e de prevenção e redução de riscos naturais de áreas integradas em REN, conforme o Anexo II do RJREN. Deste modo, a REN constitui um dos instrumentos fundamentais para a gestão do território.

A contribuição para a conectividade e coerência ecológica da Rede Fundamental de Conservação da Natureza (Decreto-Lei nº 142/2008), favorecendo a conectividade entre as áreas nucleares de conservação da natureza e da biodiversidade, é um objectivo claro do actual regime jurídico da REN (Figura 6).



**Figura 6:** Composição da Rede Fundamental de Conservação da Natureza (adaptado de STCNREN, 2009).

A RFCN é um conceito geral que promove a visão integrada do património e dos recursos naturais sujeitos por lei ou compromisso internacional a um estatuto jurídico especial de protecção e abrange:

- a) Áreas protegidas (AP) de âmbito nacional, regional e local;
- b) Os sítios da lista nacional de sítios (SIC – Sítios de Interesse Comunitário) e as Zonas de Protecção Especial (ZPE), integrados na Rede Natura 2000;
- c) Áreas classificadas ao abrigo de compromissos internacionais;
- d) A Reserva Ecológica Nacional (REN);
- e) O Domínio Público Hídrico (DPH);
- f) A Reserva Agrícola Nacional (RAN).

Dado que a definição de áreas e dos seus limites nem sempre coincide com a interpretação e os objectivos dos vários documentos legais, o Secretariado Técnico da Comissão Nacional da REN (STCNREN) propôs uma primeira análise comparativa com vista à harmonização de definições e critérios de delimitação para as várias tipologias de áreas integradas em REN que teve por objectivo aprofundar o debate com as entidades intervenientes na definição das orientações estratégicas da REN e, desde logo, no seio da CNREN (Comissão Nacional da REN). A discussão subsequente evidenciou diferentes vias conceptuais, não sendo fácil obter uma integração coerente com a terminologia científica e que permita responder à necessidade de estabelecer localizações e limites territoriais tão precisos quanto possível. Salvaguarda-se, pois, a hipótese de haver diferenças de pormenor na interpretação final assumida pela CNREN.

Para a prossecução dos objectivos da REN, a integração e a delimitação de áreas de protecção do litoral e de redução dos riscos naturais assume uma importância extraordinária, ocorrendo a dois níveis:

- a) Ao nível estratégico, concretizado através de orientações de âmbito nacional e regional;
- b) Ao nível operativo, traduzido na elaboração a nível municipal de propostas de cartas de delimitação de áreas de REN, com indicação dos valores e riscos que justificam a sua integração.

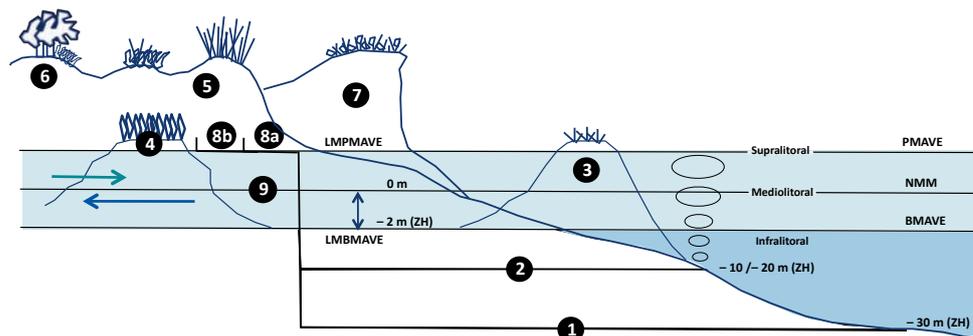
As orientações estratégicas de âmbito nacional e regional que compreendem as directrizes e os critérios para a delimitação da REN a nível municipal, são definidos em coerência com o modelo territorial do Plano Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT) e com as estruturas regionais de protecção e valorização ambiental, estabelecidos nos Planos Regionais de Ordenamento do Território (PROT). Têm ainda em consideração o disposto no Plano Nacional da Água (PNA), nos Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica (PBH) e noutros planos sectoriais relevantes. De realçar que as delimitações devem ser coerentes entre tipologias adjacentes, assegurando a necessária interconectividade da REN e a sua coerência espacial.

Deve referir-se que o Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão do Território (RJIGT) atribui a obrigação de identificação dos recursos territoriais. Entre outros, estão os recursos e valores naturais (artigo 12º do Decreto-Lei 380/99, de 22 de Setembro, na sua actual redacção).

Nesse contexto, cabe aos Planos Especiais de Ordenamento do Território (PEOT) estabelecer regimes de salvaguarda de recursos e valores naturais, fixando os usos e o regime de gestão

compatíveis com a utilização sustentável do território. Entre eles, estão os Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) e os Planos de Ordenamento dos Estuários (POE) que têm prevalência sobre os Planos Municipais e Intermunicipais de Ordenamento do Território (PMOT e PIMOT).

Considerando o RJREN, a Figura 7 dá uma visão esquemática da distribuição das áreas de protecção do litoral e dos limites indicativos que devem ser integrados nos planos de ordenamento do território.



**Figura 7:** Áreas de protecção do litoral e alguns limites costeiros, tendo em conta o RJREN (Decreto-Lei nº 166/2008).

**Legenda:** **1.** Faixa marítima de protecção costeira (limite no mar corresponde à batimétrica 30 m ZH); **2.** Praias – até à profundidade de fecho (aceita-se até -20 m ZH na faixa marítima ocidental e -10 m ZH na faixa marítima sul, considerando os respectivos regimes de ondulação); **3.** Restingas, ilhas-barreira e barreiras soldadas; **4.** Sapal (de estuário e de ria); **5.** Dunas Costeiras; **6.** Duna fóssil; **7.** Arriba; **8.** Faixa terrestre de protecção costeira (8a – margem do mar de 50 metros + 8b – largura igual ou superior a 50 metros, consoante a natureza do terreno e/ou a existência de risco de inundação); **9.** Águas de transição e respectivos leitos; **PMAVE** – Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais; **LMPMAVE** – Linha de Máxima Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais; **BMAVE** – Baixa-Mar de Águas Vivas Equinociais; **LMBMAVE** – Linha de Máxima Baixa-Mar de Águas Vivas Equinociais; **NMM** – Nível Médio do Mar.

## A. Áreas de protecção do litoral

### A.1. Faixa marítima de protecção costeira

A faixa marítima de protecção costeira estende-se ao longo da costa marítima no sentido do oceano e é delimitada superiormente pela linha limite do leito das águas do mar e inferiormente pela batimétrica dos 30 metros (ZH). Embora haja discussão sobre o enquadramento espacial, por limite do leito das águas do mar deve entender-se a linha de máxima preia-mar de águas vivas equinociais (LMPMAVE), tal como define o artigo 10.º da Lei n.º 54/2005, de 15 de Novembro (Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos) que, para cada local, é marcada em função do espraiamento máximo das vagas do mar, linha essa que coincide, na maioria dos casos, com a base da arriba, a base da duna frontal e a base da obra de protecção costeira (muros marítimos), bem como as praias extensas de declive suave (até à extinção da natureza de praia) e os limites inundáveis das barreiras arenosas que separam as lagunas do oceano.

Já no que diz respeito ao limite definido pela batimétrica dos 30 metros, o mesmo justifica-se pelas condições fóticas que permitem a realização de fotossíntese e o bom desenvolvimento de macroalgas bênticas; e também por se tratar da área de declive suave até onde é possível proceder a captação de areias e que abrange de forma mais segura os leitos afectados pelas ondas, até à profundidade de fecho.

Justificam-se as restrições e outras medidas de protecção desta área, uma vez que:

- Corresponde à parte da zona nerítica com maior biodiversidade e produtividade biológica;
- Possui habitats naturais e espécies de flora e de fauna marinha de interesse comunitário (Decreto-Lei nº 49/2005, de 24 de Fevereiro);
- Garante o equilíbrio dos sistemas biofísicos;
- Mantém os processos hidrodinâmicos costeiros que comandam os movimentos sedimentares e a evolução fisiográfica;
- Providencia condições de segurança para pessoas e bens.

## **A.2. Praias**

As praias são formas de acumulação de sedimentos não consolidados, geralmente de areia ou cascalho, que compreendem um domínio emerso intermareal, com um limite superior marcado pelo espraiço das ondas ou de galgamentos durante episódios de temporal extremo e que pode ser substituído pela base da duna frontal ou pela base da escarpa de erosão entalhada no cordão dunar, pela crista da barreira arenosa que separa a laguna do mar, ou ainda pela base da arriba, bem como pela base de obra de protecção costeira. Em praias não limitadas por dunas ou arribas, a LMPMAVE coincide com a extinção da natureza de praia, englobando-se nesta os leques de galgamento por temporal. Por outro lado, em troços de praias onde os edifícios dunares foram total ou parcialmente destruídos, a reconstrução da LMPMAVE deve orientar-se pelo alinhamento dos cordões dunares contíguos.

Quanto ao domínio submerso, este estende-se até à profundidade de fecho, a qual corresponde à área onde, devido à influência das ondas e das marés, se processa o transporte de sedimentos e onde ocorrem alterações morfológicas significativas nos fundos proximais. Dadas as dinâmicas oceanográficas e a diversidade do litoral português, as batimetrias apresentadas na Figura 7 têm de ser entendidas como meramente indicativas (-10m ZH para a costa sul e -20m ZH para a costa ocidental), úteis como referência harmonizada, sem prejuízo de estudos mais aprofundados, como, por exemplo, os decorrentes da aplicação do critério de Hallermeier (1981).

Nas principais funções das praias, destacam-se:

- A manutenção das dinâmicas sedimentares costeiras;
- A acomodação estrutural dos processos hidrodinâmicos marinhos;
- A manutenção da linha de costa;
- A conservação de habitats naturais e das espécies da flora e da fauna;
- A protecção de pessoas e bens.

Registe-se que as praias existentes nas águas de transição têm dinâmicas diferentes das verificadas nas praias oceânicas. Aquelas devem ser integradas nas faixas de protecção e em

eventual margem das águas de transição, como é proposto adiante. Além disso, é necessário efectuar a identificação e delimitação poligonal das praias fluviais, estuarinas e lagunares.

### **A.3. Barreiras detríticas (restingas, barreiras soldadas e ilhas-barreira)**

As barreiras de sedimentos são cordões arenosos destacados de terra que têm características singulares:

- No caso das restingas, há um dos extremos que está aderente a terra e o outro está livre;
- No caso das barreiras soldadas, ambas as extremidades estão ligadas a terra;
- No caso das ilhas-barreira, estão contidas entre barras de marés.

Habitualmente, as barreiras de sedimentos estão localizadas na embocadura de estuários ou na margem externa de lagunas, com grande mobilidade morfológica em função da agitação marítima e da deriva dominante e do jogo entre as correntes mareais e de escoamento fluvial.

Quanto à delimitação, podem definir-se como critérios:

- As restingas correspondem à área compreendida entre o sapal ou o estuário, ou a linha de máxima baixa-mar de águas vivas equinociais (LMBMAVE) que as limitam internamente, quando se desenvolvem ao longo de uma embocadura, e a profundidade de fecho no lado do oceano;
- As barreiras soldadas correspondem à área compreendida entre a profundidade de fecho do lado oceânico e a LMBMAVE do lado interior;
- As ilhas-barreira correspondem à área compreendida entre a profundidade de fecho do lado oceânico e o sapal ou o estuário, ou a LMBMAVE do lado interior, ou, caso se localizem entre outras barreiras de sedimentos, a área compreendida entre a LMBMAVE em todas as direcções.

As barreiras de sedimentos são unidades morfológicas que jogam um papel crucial em determinados troços costeiros, uma vez que:

- Exercem o efeito de barreira contra os processos de galgamento oceânico e de erosão provocada pelas ondas e pelo vento;
- Constituem reservas de sedimentos na manutenção das dinâmicas costeiras;
- Apoiam a diversidade de sistemas naturais, nomeadamente da vegetação dunar e da fauna costeira;
- Proporcionam protecção para pessoas e bens localizados na zona costeira, incluindo margens e zonas húmidas.

### **A.4. Tómbolos**

Os tómbolos são formações que resultam da acumulação de sedimentos entre uma ilha e o continente, acabando por estabelecer a ligação e condicionar e desviar a deriva litoral durante um determinado período.

Na delimitação dos tómbolos, considera-se a área de acumulação de sedimentos cujo limite inferior é definido pela linha representativa da profundidade de fecho para o respectivo regime de ondulação e, nos topos, pela linha que representa o contacto entre aquela acumulação de sedimentos arenosos e as formações geológicas por ela unidos.

Os tômbolos são formações naturais que geram dinâmicas próprias na zona costeira. Tanto servem para reter sedimentos a barlar da deriva como podem acentuar défices de areias em trânsito para sotamar, em circunstâncias que estarão melhor ou pior assimiladas pelas correntes litorais.

Seja como for, são um bom exemplo para o estudo dos balanços sedimentares e podem ser relevantes nos seguintes aspectos:

- Conservação de habitats naturais e de espécies da flora e da fauna;
- Estabilização da actual linha de costa;
- Amortecimento de eventos extremos e reserva de sedimentos;
- Segurança para pessoas e bens.

### A.5. Sapais

Os sapais são ambientes únicos de sedimentação organo-mineral induzida por correntes e fluxos de sedimentos flúvio-marinhos, precipitação bioquímica de sais, agregação e floculação de pelitos, formando vasas que se vão consolidando em resultado da intensa actividade biológica, quer da fauna quer da colonização de plantas halófitas que fazem emergir os andares intermareais e supramareais do sapal.

A delimitação do sapal depende das características sedimentares e bióticas presentes e, basicamente, compreende a zona intermareal de marés-mortas (sapal baixo) e a zona que cobre os solos argilosos compactos das plataformas de preia-mar de marés-vivas (sapal alto), até onde se revele a existência de vegetação halófitas sob influência do nível piezométrico da toalha freática salgada.

Propõe-se, por isso, que o limite inferior dos sapais seja definido pela baixa-mar de marés-mortas, numa zona onde se faz a transição das vasas sempre submersas para os bancos de vasa compacta dominados pela morraça (*Spartina maritima*) que é a vegetação característica do "sapal baixo", sendo possível referir este limite inferior a + 1,4 (ZH), em todo o território português, para harmonização de procedimentos; enquanto o limite superior é variável (o do "sapal alto"), podendo, em termos de biótopo, marcar-se pelo limite das halófitas como a gramata (*Arthrocnemum fruticosum*), ou o junco-marítimo (*Juncus maritimus*), para espécies dulçaquícolas. Podem também ocorrer a montante charcos e marinhas em exploração ou abandonadas, com graus elevados de salinidade, onde domina a salicórnia (*Salicornia ramosissima*), normalmente alimentados por esteiros mareais que propiciam o alargamento das áreas de sapal e os limites dos solos halomórficos.

Os sapais são biótopos importantes que têm várias funções:

- Conservação de habitats e das espécies da flora e da fauna;
- Manutenção do equilíbrio e da dinâmica flúvio-marinha;
- Depuração da água de circulação;
- Amortecimento do impacto de marés e ondas.

As actuais condições de dinâmica flúvio-marinha tendem a colmatar os estuários, impedindo o avanço das marés e criando sectores com reduzida hidrodinâmica. Mas é também pelas suas características de evolução e retenção de vasta gama de sedimentos que os sapais

podem jogar um papel fulcral na protecção das áreas estuarinas e lagunares contra a subida do nível do mar, sendo expectável que migrem progressivamente para os sectores distais.

#### **A.6. Ilhéus e rochedos emersos no mar**

Os ilhéus e rochedos emersos no mar são formações rochosas destacadas da costa e correspondem às áreas emersas limitadas pela LMBMAVE.

Na envolvente e no espaço que os separam da linha de costa, é comum a existência de afloramentos rochosos submersos e plataformas de abrasão com fundos cobertos por material grosseiro, constituindo habitats marinhos propícios ao desenvolvimento de rica flora aquática que, entre outros, desempenha as funções de maternidade e áreas de protecção, alimentação e crescimento. Por outro lado, as áreas emersas também são importantes para a conservação dos habitats naturais e das espécies da flora e da fauna, sendo que nos ilhéus e rochedos emersos no mar não são permitidos quaisquer usos e ocupações antrópicos. Por fim, releva-se que os ilhéus podem funcionar como quebra-mares, protegendo áreas costeiras de eventos extremos.

#### **A.7. Dunas costeiras e dunas fósseis**

As dunas costeiras são formas de acumulação eólica de areias marinhas que integram um sistema complexo de mobilidade morfodinâmica, comandado pelo vento e pela vegetação dunar e respectivo ecossistema, o qual se adapta harmoniosamente à variabilidade das condições ambientais (vento, temperatura, humidade, enterramento, agitação marinha e salinidade por vagas ou "spray" marítimo), na maioria das vezes mantendo admiravelmente a integridade dos cordões longilitorais no contacto com a linha de costa.

As dunas costeiras são delimitadas do lado do mar pela base da duna embrionária ou da duna frontal, ou pela base da escarpa de erosão entalhada no cordão dunar e abrangem as dunas frontais em formação, as dunas frontais semi-estabilizadas (primárias ou não), as dunas secundárias, os espaços inter-dunares e outras dunas estabilizadas pela vegetação ou móveis, cuja morfologia resulta de movimentos da própria duna.

Por seu lado, as dunas fósseis são normalmente a continuação do sistema dunar móvel (antigas dunas costeiras agora afastadas do mar), mas aqui já se encontram consolidadas através de processo natural de cimentação. Além disso, sofrem menos os efeitos da salinidade e estão colonizadas por espécies arbustivas e arbóreas que as protegem do vento e de episódios de "Blowout".

As dunas fósseis são delimitadas do lado do mar pelo sopé do edifício dunar consolidado e, do lado de terra, pela linha de contacto com as restantes formações geológicas.

As dunas costeiras são fundamentais para a preservação dos ambientes marginais porque, entre outras funções de relevo:

- Constituem a principal barreira natural contra a erosão e o galgamento oceânico, associados a tempestades de mar e outros eventos extremos (e.g. tsunami), incluindo o vento;

- Acomodam os processos de dinâmica costeira, ora acumulando sedimentos ora fornecendo-os à deriva litoral;
- Armazenam areias em quantidades suficientes que compensam os fenómenos erosivos e os períodos mais críticos;
- Constituem admiráveis ecossistemas e habitats naturais com grande diversidade de espécies da flora e da fauna;
- Contribuem para o equilíbrio dos sistemas biofísicos costeiros e litorais;
- Preservam a paisagem em toda a sua diversidade de componentes, incluindo a cénica e geológica;
- São essenciais para a segurança de pessoas e bens.

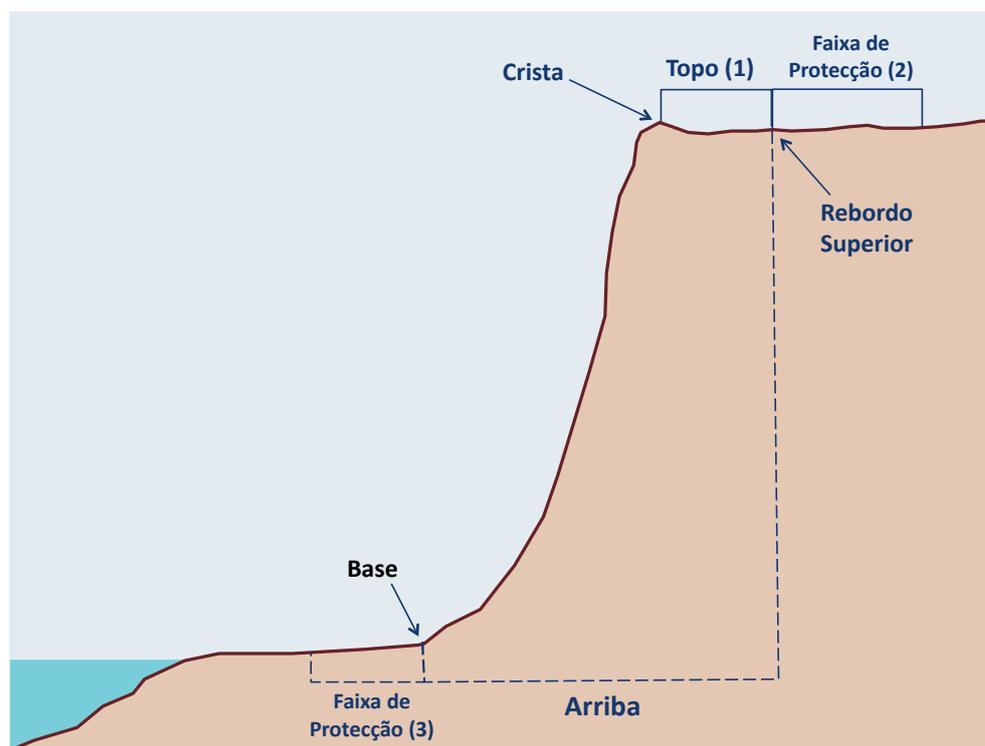
Nos critérios que justificam a integração em REN das dunas fósseis, salienta-se que estas têm funções próprias para além das referidas, nomeadamente a preservação dos contextos geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos que estão associados à capacidade de recarga e manutenção de sistemas aquíferos arenosos costeiros.

Por outro lado, deve ficar claro que nem todas as acumulações de areias são dunas. Muito menos dunas costeiras. O principal critério para identificar uma duna costeira, para além da posição e da vegetação típica, é a proveniência marinha dos sedimentos e a sua granulometria, de modo a confirmar o transporte eólico. Ou seja, tem de haver interacção dinâmica entre o mar e a costa, com eventos de deposição e de erosão pelas vagas e transporte de areias da praia para a duna. Por seu lado, o transporte eólico na duna (importância da granulometria) faz-se para o interior, em direcção ao mar e no sentido longilitoral.

#### **A.8. Arribas e respectivas faixas de protecção**

As arribas são uma forma particular de vertente costeira abrupta ou com declive elevado, em regra talhada em materiais coerentes pela acção conjunta dos agentes morfogénicos marinhos, continentais e biológicos, podendo ser alcantilada se a sua inclinação exceder os 50% e não alcantilada se a sua inclinação não exceder esse valor.

Para efeitos de delimitação da REN, deve considerar-se como arriba todo o conjunto compreendido entre a base da arriba (incluindo os depósitos de base ou de sopé), a crista da arriba e o topo da arriba que se desenvolve para o lado de terra a partir da crista, seu limite exterior, até ao rebordo superior da arriba, seu limite interior (Figura 8).



**Figura 8:** Arriba costeira alcantilada. O topo até ao rebordo superior deve ter, sempre que possível, um mínimo de 25 metros (1). A faixa de protecção superior deve ter um mínimo de 50 metros (2). A faixa de protecção inferior tem a largura mínima de 15 metros (3), na ausência de outros valores de referência (STCNREN, 2009).

O topo de arriba corresponde à fracção que, potencialmente, será afectada por movimentos de massa (desabamentos, deslizamentos, ou outros), num horizonte temporal da ordem do século, correspondendo à zona activa da arriba.

Na delimitação da crista da arriba deverá considerar-se o limite desenhado em levantamento topográfico, ou que seja possível encontrar em imagem aérea, completado com trabalho de campo para ajuste e actualização do limite em função de fenómenos ocorridos posteriormente à produção das bases cartográficas mencionadas. Como referência para a determinação da zona activa da arriba (topo da arriba), devem utilizar-se as faixas de risco máximo identificadas nos Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC), considerando, a partir da crista da arriba, o dobro da largura máxima que nestes planos é associado ao risco, sem prejuízo de larguras distintas definidas em função de estudos mais detalhados ou actualizados que tenham sido validados pelas entidades competentes. Na ausência de qualquer valor de referência, o topo da arriba deve possuir uma largura mínima de 25 metros.

As faixas de protecção das arribas devem ser delimitadas a partir do rebordo superior para o lado de terra e da base da arriba para o lado do mar, tendo em consideração as suas características geológicas, a estabilidade da arriba, as áreas mais susceptíveis a movimentos de massa de vertentes, ou a queda de blocos, a prevenção de riscos e a segurança de pessoas e bens e, ainda, o seu interesse cénico.

No que respeita à componente "Riscos" e para garantir que não são instalados no topo da arriba sobrecargas com efeitos nefastos para a sua estabilidade, evitando a progressão sucessiva de áreas em risco por avanço para o interior da zona activa, deve considerar-se uma Faixa de Protecção que, no mínimo, possua largura igual à do topo da arriba. Mas quando, por ausência de valores de referência, o topo da arriba possuir a largura mínima de 25 metros, a faixa de protecção deve ter a largura mínima de 50 metros. Este é um valor de segurança muito importante, na perspectiva da protecção civil, sendo desejável que fique consolidado.

Por seu lado, a faixa de risco a delimitar a partir da base da arriba deve possuir a largura definida nos POOC, salvo se existirem estudos mais detalhados e actualizados, devidamente validados pelas entidades competentes, que definam valores mais adequados. Na ausência de valores de referência, esta faixa deve assumir a largura mínima de 15 metros. Em todo o caso, recomenda-se a adopção da largura da faixa de protecção igual à altura da arriba adjacente, para instabilidade do tipo escorregamento planar ou rotacional; 1,5 vezes a altura da arriba, quando é provável a ocorrência de desabamentos; e 2 vezes a altura da arriba, na hipótese de ocorrerem tombamentos ou balançamentos. Refira-se que em muitas praias (sobretudo no Algarve), em meia maré, não existe faixa de protecção eficaz que previna um acidente.

Nas arribas e respectivas faixas de protecção podem ser realizados os usos e as acções que não coloquem em causa, cumulativamente, as seguintes funções:

- Constituem barreira contra fenómenos de galgamento oceânico;
- Integram processos específicos de dinâmicas costeiras;
- Contribuem para a diversidade dos sistemas biofísicos;
- Constituem habitats naturais, importantes para a conservação de espécies da flora e da fauna;
- Contribuem para a segurança de pessoas e bens.

Deve ter-se em conta os aspectos relacionados com a estabilidade da arriba e as medidas para a prevenção de riscos, nomeadamente na definição de faixas de protecção que, além de contribuírem para a estabilização das arribas e a prevenção de riscos, também contribuem para a diversidade dos sistemas costeiros.

### **A.9. Faixa terrestre de protecção costeira**

A faixa terrestre de protecção costeira é definida na ausência de dunas costeiras ou arribas. Na delimitação, considera-se a faixa medida a partir da linha que limita o leito das águas do mar para o interior, com a largura adequada à protecção eficaz da zona costeira, tendo por referência o declive e a natureza geológica e pedológica, onde se inclui a margem do mar.

A faixa terrestre de protecção costeira tem uma largura igual ou superior a 50 metros. De facto, quando o terreno da "margem do mar" possuir a natureza de praia, então a faixa de protecção estende-se até onde ele possuir esses atributos. O que levanta a questão sobre o que se entende por "natureza de praia".

Nas faixas terrestres de protecção costeira, para além do limite da margem do mar, podem ser realizados os usos e as acções que não coloquem em causa, cumulativamente, as seguintes funções:

- Redução da exposição a riscos naturais;

- Conservação de habitats naturais;
- Equilíbrio dos sistemas biofísicos, nomeadamente os relacionados com dinâmicas sedimentares;
- Imposição de limites preventivos de proximidade de estruturas físicas que têm impactes paisagísticos negativos;
- Segurança de pessoas e bens.

### **A.10. Águas de transição e respectivos leitos**

As águas de transição são secções terminais dos cursos de água que recebem sedimentos a partir de fontes fluviais e marinhas e cujas águas têm graus de salinidade variáveis em resultado da proximidade das águas costeiras e da influência dos cursos de água doce.

Esta definição do RJREN está de acordo com a Lei da Água (Lei nº 58/2005) que define "águas de transição" como as águas superficiais na proximidade das fozes dos rios, parcialmente salgadas em resultado da proximidade das águas costeiras, mas que são também significativamente influenciadas por cursos de água doce.

Sendo assim, os estuários são os sistemas que melhor se enquadram no conceito de águas de transição, uma vez que, tal como são delimitados no plano sectorial da Rede Natura 2000, correspondem ao troço final dos rios sujeitos ao fluxo semi-diurno das marés e estendem-se da foz até ao limite das águas salobras, até onde se verifique a influência da propagação física da maré salina. Isto independentemente da existência de complexas redes de canais de enchente e de vazante que compõem sistemas estuarinos com características próprias, nos quais o próprio "prisma de maré" tem vindo a ser alterado por estruturas antrópicas.

Por isso, aparentemente, não faria sentido o RJREN integrar o conceito de águas de transição aplicado ao ambiente aquático das rias e lagoas costeiras, uma vez que aí não há cursos de água nem fozes de rios. Existem, sim, lagoas e zonas húmidas adjacentes que correspondem ao volume de águas salobras ou salgadas e respectivos leitos adjacentes ao mar e separados deste, temporária ou permanentemente, por barras arenosas. Note-se que segundo a Lei da Água, as águas de transição são as águas significativamente influenciadas por cursos de água doce. Ora, tendo sido as lagoas costeiras classificadas como águas costeiras no seguimento da aplicação da DQA, as mesmas não poderiam ser incluídas nas águas de transição, uma vez que as lagoas costeiras não são significativamente influenciadas por cursos de água doce.

Então, a melhor hipótese é realmente a que aconselha a uma alteração legislativa no sentido de abarcar os dois conceitos no RJREN:

- Passar a alínea j) do anexo I a designar-se "Águas de transição, lagoas costeiras e respectivos leitos";
- Incluir a clarificação da inclusão do conceito: "Incluem-se nas águas de transição as lagoas e zonas húmidas adjacentes, designadas habitualmente por rias e lagoas costeiras, que correspondem ao volume de águas salobras ou salgadas e respectivos leitos adjacentes ao mar e separadas deste, temporária ou permanentemente, por barreiras arenosas."

Desta forma, seria ainda possível considerar uma faixa de protecção para as lagoas costeiras.

Por outro lado, salienta-se, há diversas acções autorizadas na faixa de protecção das águas de transição que não são autorizadas na margem dos cursos de água. E, assim sendo, faz todo o sentido assegurar a delimitação da margem das águas de transição, uma vez que a ocupação e a artificialização a que estão sujeitas essas áreas marginais condiciona a delimitação da faixa de protecção, na medida em que os valores da fauna e da flora e as funções associadas à dinâmica flúvio-marinha, que fundamentam a delimitação desta faixa, estão muito condicionados.

Então, associando os conceitos de "águas de transição" e de "rias e lagoas costeiras", deve considerar-se que, em termos de preservação, segurança e protecção, são territórios similares no que respeita à localização espacial e sensibilidade ecológica, destacando-se as seguintes funções:

- Conservação de habitats naturais das zonas húmidas costeiras e das espécies da flora e da fauna;
- Manutenção do equilíbrio e da dinâmica flúvio-marinha (no caso dos estuários).

Uma vez integradas nas águas de transição, é necessário salvaguardar a situação de rejeição de águas residuais nas lagoas. A solução será distinguir as condições de licenciamento dessas actividades em estuários e em rias e lagoas costeiras.

#### **A.11. Faixas de protecção das águas de transição**

Decorrente da análise anterior, deve existir uma margem das águas de transição, em articulação com a Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos (Lei nº 54/2005), de modo a assegurar a dinâmica dos processos físicos e biológicos característicos das zonas húmidas costeiras e os associados a interfaces flúvio-marinhos. A delimitação da margem deve ser feita a partir da LMPMAVE, coincidindo com as larguras definidas pelo Domínio Público Hídrico para as áreas estuarinas e de 50 metros nas rias e lagoas costeiras.

A faixa de protecção inclui a margem das águas de transição e prolonga-se como zona tampão ("buffer") que tem em conta as características sedimentares, morfológicas e bióticas das zonas húmidas costeiras, sendo interditas todas as acções e ocupações do solo que condicionem as seguintes funções:

- Manutenção do equilíbrio e da dinâmica flúvio-marinha;
- Redução da exposição a riscos naturais;
- Conservação de habitats naturais e das espécies da flora e da fauna;
- Equilíbrio dos sistemas biofísicos;
- Segurança de pessoas e bens.

Reforça-se a importância da função complementar de acomodação de eventos extremos e o papel das faixas de protecção para a monitorização e prevenção de impactes ambientais nas águas de transição.

## **B. Áreas de prevenção de Riscos Naturais**

### **B.1. Zonas adjacentes**

As zonas adjacentes são áreas contíguas à margem que, como tal, sejam classificadas por um acto regulamentar, por se encontrarem ameaçada pelo mar ou pelas cheias.

A delimitação das zonas adjacentes é feita desde o limite da margem até uma linha convencional, definida caso a caso no diploma de classificação, que corresponde à linha alcançada pela maior cheia, com período de retorno de 100 anos, ou à maior cheia conhecida, no caso de não ser possível identificar a anterior.

Em zonas adjacentes podem ser realizados os usos e acções que não coloquem em causa, cumulativamente, as seguintes funções:

- Prevenção e redução do risco, garantindo a segurança de pessoas e bens;
- Garantia das condições naturais de infiltração e retenção hídricas;
- Regulação do ciclo hidrológico pela ocorrência dos movimentos de transbordo e de retorno das águas;
- Estabilidade topográfica e geomorfológica dos terrenos em causa;
- Manutenção dos processos de dinâmica costeira;
- Manutenção do equilíbrio do sistema litoral.

Nos termos da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos, as zonas adjacentes são todas as áreas contíguas à margem que como tal sejam classificadas por se encontrarem ameaçadas pelo mar ou pelas cheias (nº 1 do artigo 24º da Lei nº 54/2005, de 15 de Novembro). A zona adjacente corresponde, pois, à área delimitada nos mapas anexos ao respectivo diploma de classificação, que dele fazem parte integrante.

Trata-se de uma componente da cartografia municipal de risco, elaborada no âmbito dos planos municipais (PDM e PME) e que é a mesma a ser usada na carta de delimitação da REN municipal.

Cada nova zona adjacente implicará a alteração da correspondente carta de REN municipal, para que nela seja incluída a área constante do diploma que procede à sua classificação.

### **B.2. Zonas ameaçadas pelo mar não classificadas como zonas adjacentes nos termos da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos**

As zonas ameaçadas pelo mar são áreas contíguas à margem das águas do mar que, em função das suas características fisiográficas e morfológicas, evidenciam elevada susceptibilidade à ocorrência de inundações por galgamento oceânico.

Os fenómenos de galgamento oceânico ocorrem essencialmente em locais que apresentam costas baixas e arenosas, com praias estreitas, ou na embocadura de cursos de água.

A delimitação das zonas ameaçadas pelo mar deve incluir as áreas susceptíveis de serem inundadas por galgamento oceânico e contemplar todos os locais com indícios e/ou registos de galgamentos durante episódios de temporal.

Em zonas ameaçadas pelo mar podem ser realizados os usos e acções que não coloquem em causa, cumulativamente, as seguintes funções:

- Manutenção dos processos de dinâmica costeira;
- Prevenção e redução do risco, garantindo a segurança de pessoas e bens;
- Manutenção do equilíbrio do sistema litoral.

De acordo com a Lei da Água, no seu artigo 40º, referente as medidas de protecção contra cheias e inundações, as zonas inundáveis ou ameaçadas pelas cheias constituem as áreas contíguas à margem do mar que se estendam até à linha alcançada pela maior cheia com probabilidade de ocorrência num período de retorno de um século. As zonas ameaçadas pelo mar desenvolvem-se portanto para além da margem.

A Directiva 2007/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2007, relativa a avaliação e gestão dos riscos de inundação, que define uma nova abordagem destes aspectos, obriga à elaboração de cartas de zonas inundáveis e de cartas de riscos de inundações, definindo a conclusão da avaliação preliminar dos riscos de inundações até ao final do ano de 2011. Aliás, o Decreto-Lei n.º 364/98, de 21 de Novembro, também estabelece a obrigatoriedade de elaboração da carta de zonas inundáveis nos municípios com aglomerados urbanos atingidos por cheias, mas a Directiva 2007/60/CE (agora interpretada pelo Decreto-Lei nº 162/2010) reforça a necessidade de garantir a eficácia das medidas de avaliação, gestão e mitigação de riscos de inundações, nomeadamente os riscos para a saúde e a vida humana, o ambiente, o património cultural, as actividades económicas e as infraestruturas.

O risco de inundação e galgamento costeiro é a designação adoptada pelo Grupo de Trabalho que elaborou o "Guia Metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a construção de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal", a qual é coincidente com o considerado no RJREN. Também aqui se trata de uma componente da cartografia municipal de risco, elaborada no âmbito dos planos municipais (PDM e PME) e que é a mesma a ser usada na carta de delimitação da REN municipal.

### **3.3. O Domínio Público Hídrico (DPH)**

A definição das unidades territoriais e fronteiras, apresentadas no âmbito da REN, estão contempladas noutros normativos que têm por objectivo a protecção de pessoas e bens e a preservação dos recursos naturais e dos processos que mantêm a estabilidade dos sistemas e das paisagens costeiras, nomeadamente os que regulam os direitos de utilização dos recursos hídricos. Por exemplo, a Lei da Água define os conceitos associados ao DPM e aos territórios costeiros, nomeadamente:

- Águas costeiras, que são as águas superficiais situadas entre terra e uma linha cujos pontos se encontram a uma distância de 1 milha náutica, na direcção do mar, a partir do ponto mais próximo da linha de base a partir da qual é medida a delimitação das águas territoriais, estendendo-se, quando aplicável, até ao limite exterior das águas de transição;
- Águas de transição, que são as águas superficiais na proximidade das fozes dos rios, parcialmente salgadas em resultado da proximidade de águas costeiras mas que são também significativamente influenciadas por cursos de água doce;

- Águas territoriais, que são as águas marítimas situadas entre a linha de base e uma linha distando 12 milhas náuticas da linha de base.

Como vimos, a definição das águas de transição colide de algum modo com a composição e dinâmica das rias e lagoas costeiras, havendo necessidade de harmonizar a classificação destas e a sua inclusão no contexto ambiental apropriado.

Já a Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos (Lei nº 54/2005) define que o Domínio Público Hídrico compreende o Domínio Público Marítimo, o Domínio Público Lacustre e Fluvial e o domínio público das restantes águas. Por sua vez, o Domínio Público Marítimo compreende:

- a) As águas costeiras e territoriais;
- b) As águas interiores sujeitas à influência das marés, nos rios, lagos e lagoas;
- c) O leito das águas costeiras e territoriais e das águas interiores sujeitas à influência das marés;
- d) Os fundos marinhos contíguos da plataforma continental, abrangendo toda a zona económica exclusiva;
- e) As margens das águas costeiras e das águas interiores sujeitas à influência das marés.

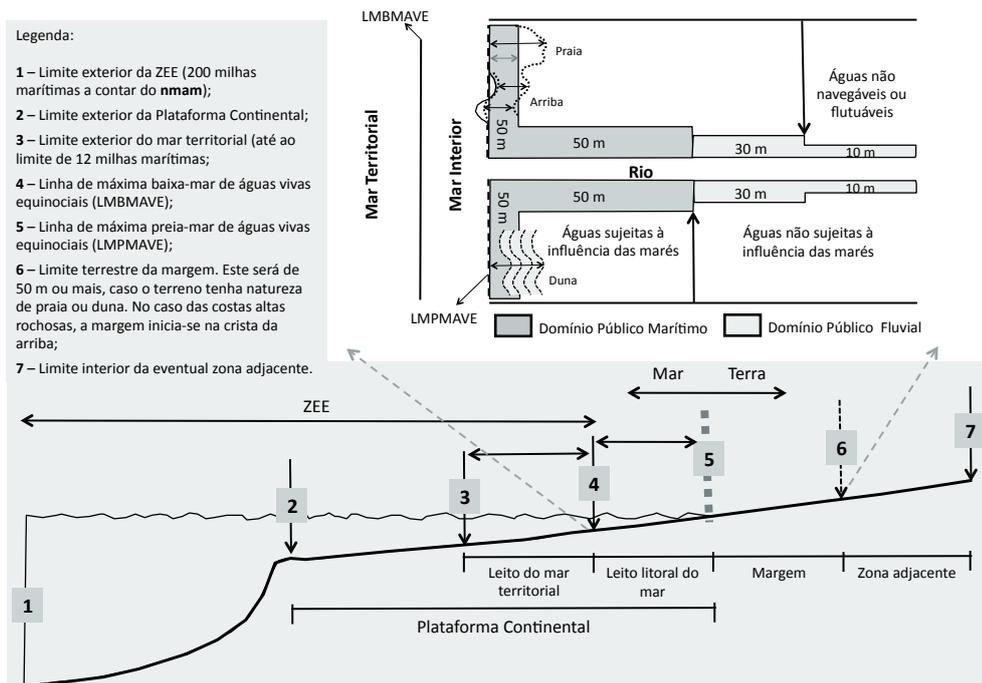
Esta Lei explica também o que deve entender-se por leito e seus limites:

— O leito é o terreno coberto pelas águas quando não influenciadas por cheias extraordinárias, inundações ou tempestades. No leito compreendem-se os mouchões, lodeiros e areais nele formados por deposição aluvial;

— O leito das águas do mar, bem como das demais águas sujeitas à influência das marés, é limitado pela linha da máxima preia-mar de águas vivas equinociais (LMPMAVE). Essa linha é definida, para cada local, em função do espraiamento das vagas em condições médias de agitação do mar, no primeiro caso, e em condições de cheias médias, no segundo.

Estes conceitos são importantes quando conjugados com outros critérios de delimitação do Regime Jurídico do DPM (Decreto-Lei nº 468/71), sobretudo no que respeita a duas zonas fundamentais para a preservação da estabilidade da faixa costeira e da protecção de pessoas e bens (Figura 9):

- A margem que é uma faixa de terreno contígua ou sobranceira à linha que limita o leito das águas, com a largura de 50 metros e que se prolonga pela margem das restantes águas navegáveis ou flutuáveis (aqui com a largura de 30 metros), até atingir a margem das águas não navegáveis nem flutuáveis, nomeadamente torrentes, barrancos e córregos de caudal descontínuo, onde tem a largura de 10 metros.
- A zona adjacente que é toda a área contígua à margem que como tal seja classificada por decreto, por se encontrar ameaçada pelo mar ou pelas cheias. A zona adjacente estende-se deste o limite da margem até uma linha convencional definida, para cada caso, no decreto de classificação.

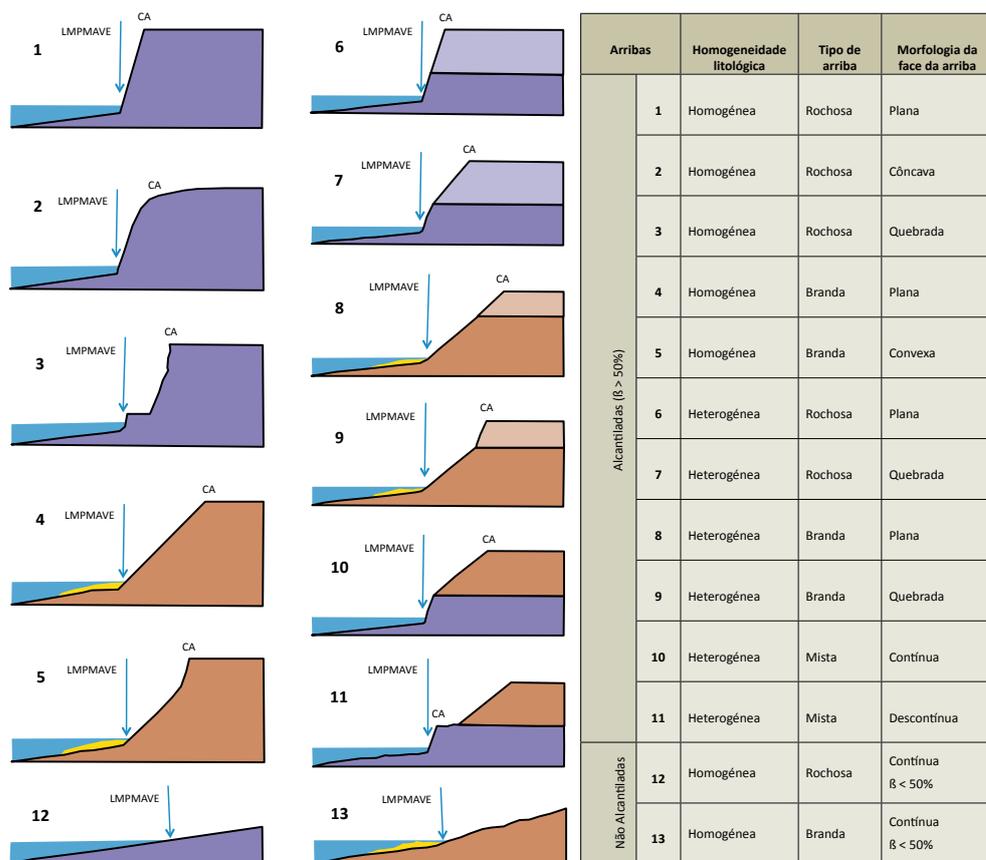


**Figura 9:** Domínio Público Hídrico, de acordo com a legislação do DPH (adaptado de INAG, 2006).

Como se sabe, quando tiver natureza de praia em extensão superior à estabelecida, a margem estende-se até onde o terreno apresentar tal natureza. Além disso, a largura da margem conta-se a partir da linha limite do leito. Se, porém, esta linha atingir arribas alcantiladas, a largura da margem será contada a partir da crista do alcantil. E, neste caso, deve ter-se em conta o que foi indicado na REN sobre o rebordo da arriba e a delimitação da respectiva zona de protecção.

Temos, pois, que na REN existe uma primeira zona, designada de rebordo da arriba, com 25 metros de largura (contados a partir da crista da arriba), à qual se soma uma faixa de protecção mínima de 50 metros (sempre que não existam elementos precisos sobre o risco), num total de 75 metros. Mas, no caso do DPM, está estabelecida a margem de 50 metros, contada desde a crista do alcantil, podendo ou não haver uma faixa de protecção terrestre.

Certamente por isso, o INAG publicou o Despacho nº 12/2010, sobre a delimitação do leito e da margem das águas do mar, no qual define os critérios para a delimitação da LMPMAVE e da margem das arribas alcantiladas e não alcantiladas (Figura 10).



**Figura 10:** Critérios de demarcação da crista de arribas alcantiladas e não alcantiladas em diversas litologias (rochosa em tons roxos e brandas em tons cremes), em que LMPMAVE, CA e  $\beta$  designam, respectivamente, a Linha de Máxima Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais, a Crista da Arriba e a Inclinação da Arriba (adaptado de Teixeira, 2009).

No referido Despacho, o INAG adopta a metodologia seguida pela Região Hidrográfica do Algarve (consultar Bibliografia, em Teixeira, S. B., 2009) para a demarcação do Leito e da Margem das águas do mar que serve de referência para todo o território nacional.

De salientar que, nas áreas sujeitas a intervenção humana, o traçado da LMPMAVE deve atender à natureza das intervenções:

- a) Em alimentações artificiais de praia de curta longevidade, deve ser tomada como referência a morfologia existente anteriormente à recarga da praia;
- b) Em intervenções mais duradouras (nomeadamente, marinas, portos de pesca e alimentações artificiais de praia de longa duração), a marcação da margem deverá considerar os limites definidos pelas intervenções;
- c) Em estruturas de contenção de arribas que não introduzem alterações nos limites da margem, deve ser considerada a crista da arriba como referencial para a demarcação do limite da margem;
- d) Em obras de reperfilamento que visam minorar o risco associado à geodinâmica das arribas, o limite da margem deve ser marcado a partir da crista do novo alcantil (houve, portanto, recuo de parte ou de toda a arriba);

e) Em intervenções de protecção costeira que contêm muros de suporte conjugados com a construção de aterros mais ou menos extensos na base das arribas, deve ser avaliado se esse muro de suporte é suficiente para impedir o ataque directo da agitação marítima, ou se, pelo contrário, as ondas galgam a estrutura de suporte em situações de tempestade e continuam a incidir nas arribas. Neste caso, a margem permanece inalterada; enquanto que, na primeira situação, face à segurança oferecida, a margem é contada a partir da LMPMAVE, considerando a base do muro de suporte (certamente por lapso, o Despacho do INAG indica o contrário, mas a situação é similar à do esquema 11 da Figura 10).

Por outro lado, quando existem, as zonas adjacentes são caracterizadas pela sujeição a determinadas restrições de utilidade pública dos terrenos situados para além das margens, mas em posição tal que tenham de ser considerados como terrenos ameaçados pelo mar ou como terrenos ameaçados pelas cheias (dos rios). Pensa-se que, assim, pelo controle das edificações a erguer em tais zonas, confiado aos serviços hidráulicos, tecnicamente apetrechados para o efeito, será possível actuar de modo mais eficaz na prevenção de graves acidentes como os que têm vitimado, por motivo do avanço das águas do mar ou de cheias extraordinárias dos rios, os habitantes de zonas ameaçadas que aí construíram as suas casas sem que o Estado pudesse legalmente intervir para os defender contra a sua própria imprevidência. Note-se que, no caso dos estuários, a conjugação das duas condições de inundação constitui um factor de risco sobredimensionado para essas áreas ribeirinhas.

Segundo a já referida Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos, as zonas adjacentes mantêm-se sobre propriedade privada ainda que sujeitas a restrições de utilidade pública. Além disso, o ónus real resultante da classificação de uma área como zona adjacente é sujeito a registo, nos termos e para efeitos do Código do Registo Predial.

Em relação às zonas ameaçadas por cheias, também o Decreto-Lei nº 89/87 (procedendo à revisão do Decreto-Lei nº 468/71) estabelece várias medidas com a finalidade de proteger adequadamente estas áreas e, nomeadamente, evitar ocupações urbanas incorrectas, de modo a, por um lado, delimitar dentro das zonas adjacentes áreas de ocupação edificada proibida e de ocupação edificada condicionada e, por outro, consagrar a indispensável intervenção das câmaras municipais em todas as acções a realizar nas referidas zonas adjacentes. Nos termos do artigo 13º do Decreto-Lei nº 89/87, devem ser classificadas as zonas ameaçadas pelo mar com base em carta de risco e respectiva monitorização da costa.

Uma referência ainda para os Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC), instituídos pelo Decreto-Lei nº 309/93, de 2 de Setembro. São planos sectoriais que estabelecem os condicionamentos, vocações e usos dominantes para a orla costeira, numa perspectiva de salvaguarda de ecossistemas fundamentais. As regras aplicam-se a toda a "faixa delimitada pela batimétrica dos 30 m e uma zona terrestre de protecção cuja largura é de 500 m a partir da linha limite das margens do mar". Estes planos incidem directamente sobre o DPM e área adjacente ao mesmo, mas o diploma não abrange as áreas sob jurisdição portuária, nem os estuários (áreas referidas no Decreto-Lei nº 201/92, de 25 de Setembro).

De carácter vinculativo (enquadrado pelo regime jurídico dos planos especiais de ordenamento do território que se encontrava consagrado no Decreto-Lei nº 151/95, de 24 de Junho), com a aprovação, execução e implementação dos POOC, foi dado um grande passo para a gestão

do litoral de Portugal. De facto, com a classificação dos POOC como um instrumento de natureza especial, a administração pública assumiu o ordenamento e a gestão do litoral como um objectivo de interesse nacional, prevalecendo sobre os instrumentos de gestão territorial, nomeadamente os Planos Municipais de Ordenamento do Território e os Planos Intermunicipais de Ordenamento do Território.

Os POOC têm por objectivo as águas marítimas costeiras e interiores e respectivos leitos e margens, com faixas de protecção a definir em cada plano, na defesa dos princípios de protecção da integridade biofísica, valorização dos recursos existentes na orla costeira e conservação dos valores ambientais e paisagísticos.

## 4. FACTORES FÍSICOS E AMBIENTAIS RELEVANTES

São várias as formas de abordar um conjunto de características biofísicas e ambientais, bem como os comportamentos mais ou menos padronizados na sua evolução temporal num determinado território, dependendo do enfoque que se pretende dar aos factores em jogo.

Em qualquer caso, as complexas redes relacionais e a malha global de interdependências têm um espaço físico de suporte, com morfologias e composições diversas, com maior ou menor resistência à erosão e ao encaixe dos "inputs" fluviais, diferentes graus de permeabilidade e dinâmicas sedimentares que têm uma história evolutiva que se expressa pela multiplicidade paisagística.

Essa evolução deixa marcas na superfície emersa e submersa da zona costeira, regista as convulsões internas e as alterações climáticas que moldam os habitats e a fisionomia dos espaços marginais, inclusive nas respostas à acção transformadora do Homem que se expressa normalmente pela artificialização e pela destruição dos equilíbrios naturais.

Nas zonas costeiras não existe nada que seja permanente excepto a mudança. A grande variedade de habitats é constantemente moldada pela interacção entre ondas, subida e descida das marés, descarga de sedimentos dos rios, correntes litorais, processos biológicos, ajustamentos das massas continentais, lenta subida do nível do mar e actividades humanas.

### 4.1. Dinâmicas Oceanográficas

A influência das massas de ar e os movimentos dos fluidos e das partículas (finas e grosseiras) criam reacções e retroacções que tendem a moldar situações de estabilidade, embora esta seja quase sempre precária e provisória. Mesmo quando se está próximo dos chamados "perfis de equilíbrio" da faixa costeira, isso depende sempre muito da constância de certos estados de tempo, das vagas e correntes e da disponibilidade das cargas sólidas em trânsito.

Na origem de grande parte dos movimentos interactivos está a energia solar que proporciona ritmo aos seres vivos e aos gases e corpos aquáticos que circulam pelo planeta. Mas, também são importantes as dinâmicas internas da Terra, sejam ou não orogénicas, bem como as forças cósmicas que, com grande regularidade, mantêm as oscilações das massas de água nos avanços e recuos das fronteiras ora emersas ora submersas do litoral.

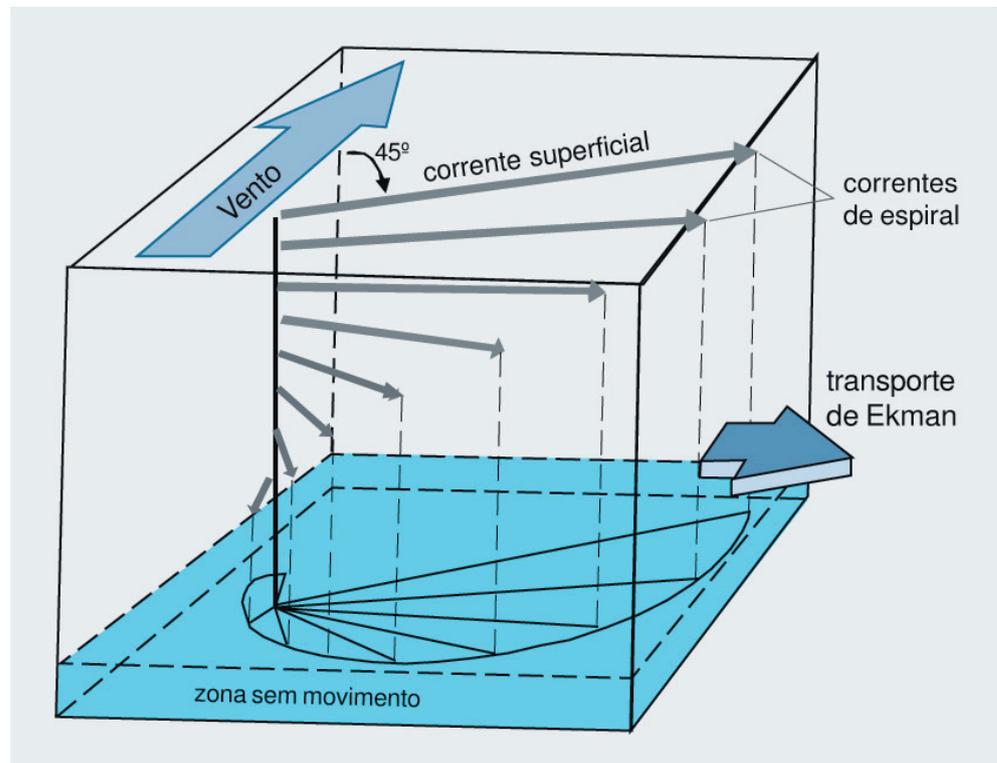
#### A. Correntes marítimas

As massas de água oceânica estão em contínua deslocação, ainda que, em grande parte do seu volume, essa deslocação seja lenta e em ciclos de longo prazo. É o que acontece com a circulação termohalina formada pelas diferenças de densidade entre as massas de água e que, de forma lenta, acaba por percorrer toda a área oceânica. Ou seja, nas zonas mais profundas há processos que movimentam grandes massas de água, mantendo a sua identidade e promovendo a difusão de nutrientes, a oxigenação e a renovação biológica.

Por seu lado, os níveis superiores dos mares contactam com os grandes núcleos de circulação atmosférica, os quais produzem ventos e correntes superficiais que transportam e misturam as águas de diferentes latitudes.

Dependendo da velocidade e da constância do vento, sucessivas camadas de água são postas em movimento, ocorrendo dois efeitos relevantes quando as condições se mantêm durante um período alargado:

- A “Deflexão de Coriolis” que resulta essencialmente das forças centrífugas do movimento de rotação da Terra, desviando as massas de ar ou de água do seu rumo original em fluxos reorientados para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul;
- A “Espiral de Ekman” que, basicamente, está relacionada com a mesma fricção que desloca as águas superficiais do mar. Sendo assim, sucessivas camadas de água mais profundas são postas em movimento, havendo um desvio de direcção equivalente ao da camada imediatamente superior, o que cria uma projecção sequenciada da deflexão de Coriolis em profundidade (Figura 11).



**Figura 11:** Espiral e transporte de Ekman no hemisfério norte (adaptado de Pinet, 2000).

No primeiro caso, o fluxo das águas superficiais que se deslocam por gravidade, quando se criam elevações e depressões no mar, é sujeito a desvio, o que gera uma “corrente geostrófica” de equilíbrio entre esta e as forças de gradiente, tendendo a descrever movimentos circulares, tal como acontece com os sistemas barométricos da atmosfera em que o ar circula quase paralelamente às linhas de igual declive (e não cortando o declive).

No caso da Espiral de Ekman, esta pode atingir os 100/200 metros de profundidade e dela resulta o chamado “transporte de Ekman” que é uma média das direcções e velocidades de corrente na espiral, com uma tendência para que o movimento dominante da água seja perpendicular à direcção do vento superficial, isto é, faz um ângulo de  $90^\circ$  em relação ao vento que gerou a corrente.

A deflexão de Coriolis e o transporte de Ekman têm ainda grande influência nos movimentos de ressurgência (“upwelling”) e de afundamento (“downwelling”). A ressurgência é crucial para a produtividade e a biodiversidade de muitas regiões costeiras do Globo, pois traz de novo à superfície os nutrientes que se encontram depositados nos fundos oceânicos, permitindo o crescimento do fitoplâncton e de muitas outras formas de vida.

Já o afundamento tem o efeito contrário e empobrece as regiões litorais.

Em Portugal, podemos constatar que, devido às condições atmosféricas que conduzem à frequência de nortadas, o vento sopra muitas vezes paralelo à linha de costa ocidental, em direcção ao Equador. E, desta forma, a camada aquática superior (também designada de “camada de Ekman”) move-se para fora da costa e é substituída por água “ressurgida” das camadas inferiores. É assim que se impõe uma banda de baixa temperatura junto à costa e, com ela, as maiores concentrações de nutrientes que promovem o crescimento de plâncton e, conseqüentemente, atraem grandes cardumes sazonais.

## **B. Marés**

As marés são ondas compridas que têm uma crista (a preia-mar) e uma cava (a baixa-mar) que apresentam diferenças acentuadas entre diversas zonas do Globo, não só devido às componentes astronómicas que comandam as marés, mas também devido à geografia da bacia que distorce as suas formas originais.

As marés sobem em resposta a uma complexa interacção da Lua e do Sol com as massas oceânicas, o que pode ser explicado pelos mecanismos que estão na sua origem e que, basicamente, estão relacionados com duas grandes forças:

- A atracção gravitacional que é directamente proporcional à massa;
- A força centrífuga que é gerada pelo movimento de rotação da Terra (e da Lua);

A força da gravidade varia na razão inversa do cubo da distância que separa duas massas e isso explica a razão de os planetas distantes não exercerem influência atractiva sobre a Terra.

Realmente, a Lua está muito mais perto da Terra do que o Sol. E embora a massa do Sol seja  $10^7$  vezes maior do que a da Lua, a distância que o separa da Terra é 390 vezes a distância desta à Lua. Daí que a “força da maré” da Lua seja o dobro da força do Sol.

Por outro lado, a Terra e a Lua rodam num centro de massa comum que está localizado na Terra, devido ao facto de esta possuir uma massa muito maior.

Então, estas duas forças tendem a provocar duas protuberâncias mareais:

- Uma protuberância, devida à atracção gravitacional da Lua, com 35 cm de altura;
- Uma protuberância, na face oposta, com igual dimensão, devida à força centrífuga associada à rotação da Terra e da Lua no seu centro de massa comum.

Com a rotação diária da Terra em torno do seu eixo, todos os lugares à superfície deviam passar pelas protuberâncias e sair delas, experimentando dois ciclos mareais por dia lunar (24 horas e 50 minutos) que seriam de igual amplitude se as protuberâncias estivessem centradas no Equador.

Este primeiro modelo dá igualmente uma boa explicação para as marés-vivas e marés-mortas, acrescentando agora o papel do Sol, uma vez que este também origina duas protuberâncias mareais, devidas à atracção gravitacional e ao efeito centrífugo. É claro que estas protuberâncias são menores do que as da Lua (cerca de 16 cm) dada a maior distância a que o Sol se encontra.

Assim, na verdade existem 4 protuberâncias no modelo das marés (Figura 12).



**Figura 12:** Geometria dos alinhamentos da Terra, da Lua e do Sol nas forças construtivas (marés-vivas) e destrutivas (marés-mortas) da onda mareal.

Em cada duas semanas, a Terra, a Lua e o Sol estão alinhados nos momentos de Lua Nova e de Lua Cheia. Nestas ocasiões, as protuberâncias produzidas pela Lua sobrepõem-se às produzidas pelo Sol, resultando daí as marés-vivas com uma altura maior do que a variação mareal normal (cerca de 20% mais elevadas).

Nas fases intermédias, as dos Quartos lunares, a Lua e o Sol fazem um ângulo de  $90^\circ$  em relação à Terra e ocorrem as marés-mortas (neste caso, cerca de 20% mais baixas do que a média).

Como o período mareal é de 24 horas e 50 minutos, todos os dias as marés ocorrem em tempo mais avançado. Aliás, uma vez que a órbita lunar está inclinada  $5^\circ$  em relação à da Terra, não se verificam dois ciclos mareais de igual amplitude por dia lunar, uma vez que a simetria apenas é encontrada duas vezes por mês, quando a Lua passa pelo Equador no curso que a leva de  $28^\circ$  e  $30'$  N a  $28^\circ$  e  $30'$  S.

As protuberâncias mareais seguem estas mudanças e os locais costeiros da Terra ficam sujeitos a um de dois tipos de marés:

1. De regime diurno (uma maré por dia), onde a maré de um único hemisfério é dominante, como acontece nas altas latitudes;
2. De regime semi-diurno (duas marés por dia), sobressaindo a diferença entre o Equador e as latitudes médias, dada a igualdade que se verifica no primeiro e a haver uma maior do que a outra nas segundas.

Este último regime, também designado de "misto" ou "irregular", domina a costa portuguesa, onde a variação em marés-vivas é, em média, de 2,8-2,9 metros.

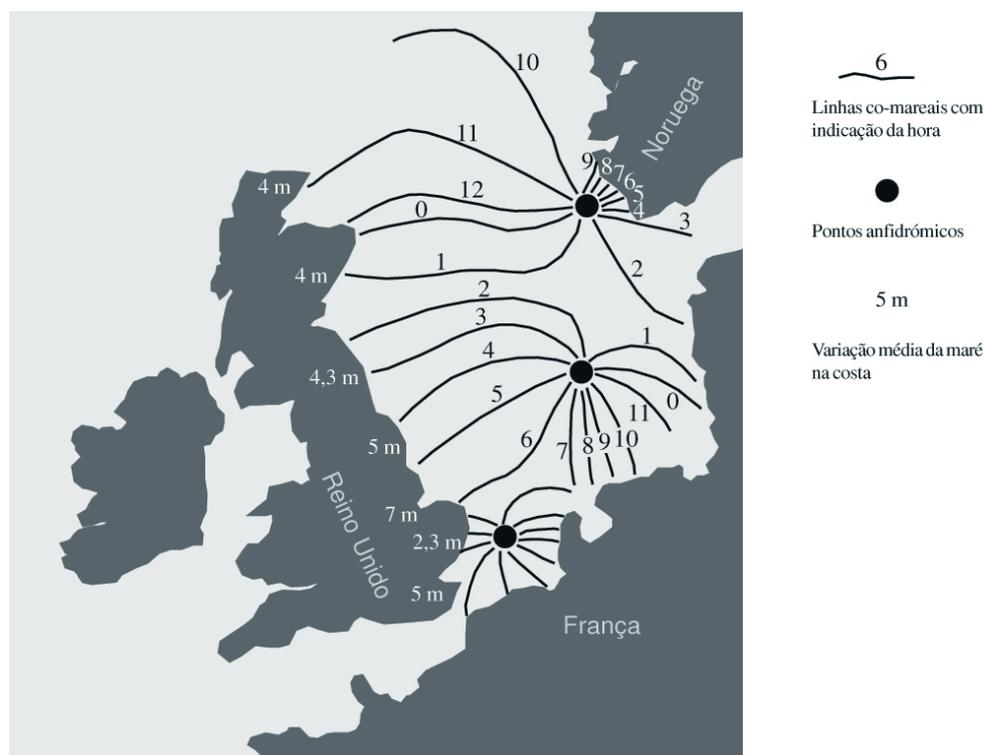
Há que contar, ainda, com o facto de as órbitas da Terra e da Lua não serem esféricas, mas sim elípticas, o que cria diferenças assinaláveis nas distâncias relativas entre a Terra, a Lua e o Sol no prazo de um mês e de um ano, introduzindo, dessa forma, alterações adicionais nas marés (caso das marés-vivas equinociais).

Apesar de tudo, isto funcionaria mais ou menos na perfeição se a massa de água que cobre a Terra fosse homogénea e não houvesse distorções das protuberâncias mareais, provocadas pela geomorfologia da crosta terrestre.

De facto, o oceano é activo e não estático e, por isso, não há protuberâncias mareais estacionárias. Logo, há um "modelo dinâmico" no qual as bacias oceânicas arrastam as protuberâncias mareais, de modo que estas rodam com a Terra em torno do seu eixo.

Fica fora deste Guia a análise do Sistema Anfidrómico de marés, com um Ponto Nodal (ou Ponto Anfidrómico) onde a variação mareal é zero, sendo sistematicamente incrementada até aos valores máximos situados nas margens da bacia (os pontos anti-nodais).

Existem inúmeras influências que produzem variações regionais quase ilimitadas nas marés e que mostram que estas resultam de muitos componentes para além da influência dos astros. Por vezes, há intensas interacções e modificações das marés, chegando uma única bacia a ser dominada por vários pontos anfidrómicos, como acontece no Mar do Norte, onde as características mudam em curtas distâncias ao longo da linha costeira (Figura 13).



**Figura 13:** Exemplo de sistema anfifrômico e variação mareal associada (Adaptado de Viles & Spencer, 1995).

Entre outros factores de distorção, nas reentrâncias profundas da costa, como é o caso dos estuários, as marés são muitas vezes reflectidas (da cabeça para a boca do estuário), interagindo com a maré seguinte. Este fenómeno, designado de "ressonância mareal", pode provocar grandes variações de maré, dependendo da dimensão da baía costeira ou do estuário onde é produzida. Uma das suas características é a formação da "mareta" mareal, um muro de água que sobe pelo rio com o avanço da maré, sendo muito significativo quando a variação mareal é superior a 5 metros, numa bacia de geometria cónica e com a profundidade a decrescer progressivamente para montante.

Todas estas variedades, levam-nos à classificação das marés quanto à sua amplitude, exprimindo mais os contextos ambientais do que a zonação geográfica:

1. O tipo "Micromareal", ou "Microtidal" (< 2 metros) ocorre em costas abertas, onde a onda mareal é predominantemente reflectida, ou em mares interiores com baixa energia mareal;
2. O tipo "Mesomareal", ou "Mesotidal" (2-4 metros) que se regista em ambientes intermédios, como é o caso da costa portuguesa;
3. O tipo "Macromareal", ou "Macrotidal" (> 4 metros), onde a onda mareal atravessa largos bancos continentais, ou quando está confinada em estuários e golfos sob o efeito da ressonância mareal.

Não há dúvida que as marés são uma componente fundamental da diversidade costeira, produzindo importantes movimentos de correntes e de sedimentos e, ao mesmo tempo, influenciando o zonamento dos organismos costeiros, as formas terrestres e os processos erosivos.

As dinâmicas mareais são particularmente importantes em áreas onde a energia das ondas é relativamente baixa, tais como lagunas, baías e estuários. Aqui, são as marés que determinam a extensão das superfícies sujeitas à alternância húmida e seca, com todos os seus efeitos biogeoquímicos.

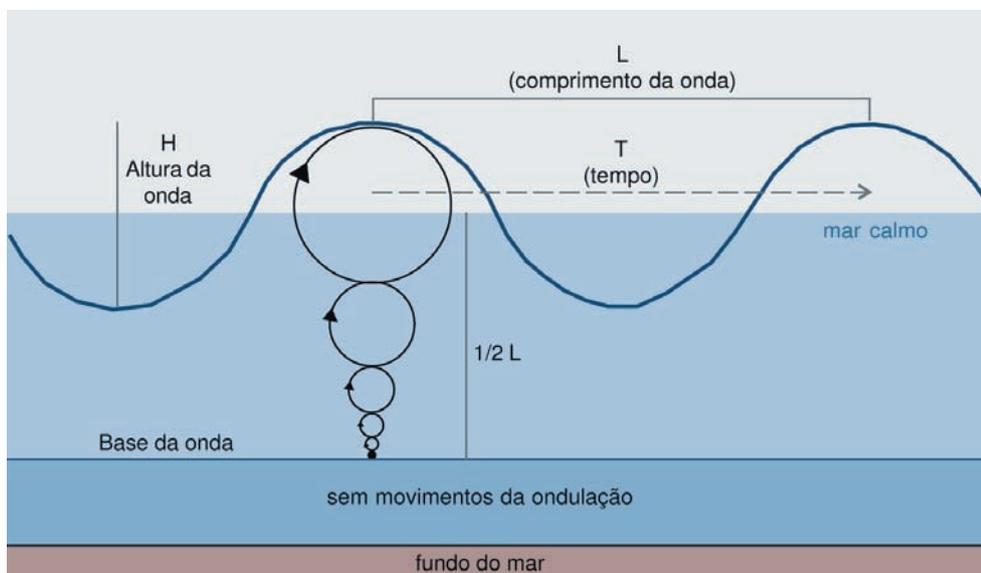
### C. Ondas

Os movimentos que criam distúrbio na superfície das águas têm várias origens, sendo a mais importante o vento atmosférico que controla as ondas pela velocidade e duração da sua acção. O estado original da superfície aquática e as características da bacia e do rumo de vento facilitam ou limitam as dimensões das ondas geradas no mar.

Em teoria, não há deslocamento da massa de água com a ondulação, uma vez que as partículas rodam num círculo e, após o distúrbio, retomam o ponto de partida. Assim sendo, apenas a energia das ondas atravessa a superfície dos mares e não as partículas de água. Ou, pelo menos, esse movimento tem pouco significado, excepto o que está associado ao transporte de Ekman.

Numa onda, a água sobe na crista e desce na cava, sendo distintas as seguintes propriedades (Figura 14):

- A altura da onda, que é a distância vertical entre a crista e a cava;
- O comprimento da onda, que é a distância horizontal entre duas cristas adjacentes;
- O período da onda, ou seja, o tempo que demora a passagem de duas cristas sucessivas num determinado ponto fixo.



**Figura 14:** Principais componentes da onda e diminuição dos diâmetros orbitais descritos pelas partículas até à base da onda (adaptado de Pinet, 2000).

Com a profundidade, as órbitas descritas pelas partículas decrescem rapidamente e deixam de ser detectáveis a cerca de  $1/2$  do comprimento da onda (a chamada "base da onda"). Mas, no litoral, quando a profundidade é baixa (inferior a  $1/2$  do comprimento da onda), as órbitas são distorcidas pelos fundos e transformam-se em elipses. Daí que as ondas sejam classificadas em:

- Ondas de águas profundas, onde o movimento ocorre em profundidades superiores às da "base da onda";
- Ondas de águas intermédias, em profundidades entre  $1/2$  e  $1/20$  da "base da onda";
- Ondas de águas baixas, as que percorrem profundidades menores do que  $1/20$  da "base da onda".

Quando ocorrem tempestades, o incremento da velocidade do vento é correspondido pelo aumento do comprimento, do período e da altura das ondas.

Normalmente, usa-se como referência a Altura Significativa das Ondas (HS). Esta medida representa a média do terço mais elevado de entre as maiores ondas que se elevam em determinada superfície marítima. Por isso, o valor da altura significativa é maior do que a altura média das ondas, mas é menor do que as maiores ondas que ocorrem, servindo de indicador precioso na previsão de eventos extremos quer para a navegação quer para a segurança da zona costeira.

Quando a energia das ondas se concentra no litoral próximo, move a água contra a costa e origina correntes litorais na zona de rebentação. Aí, nas águas baixas, as ondas sofrem várias transformações que se devem a:

#### 1. Mudanças nas propriedades das ondas.

Em condições normais, as ondas perdem velocidade com a aproximação ao litoral, mas aumentam a altura, dando lugar a um "perfil assimétrico", sem que, contudo, mude o período da onda que se mantém o mesmo desde que a onda foi produzida na tempestade no mar. Mas junto à costa, uma vez que a velocidade depende sobretudo da profundidade, também pode haver um factor suplementar de risco, em condições de sobrelevação, dado que, neste caso, há um aumento da velocidade das ondas.

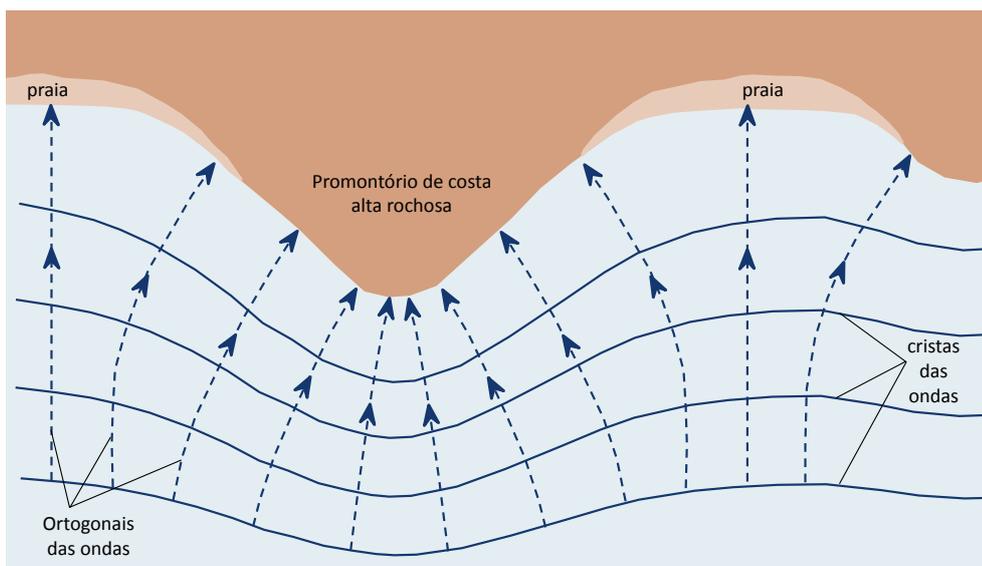
#### 2. Refracção das ondas.

Este é um dos principais efeitos da entrada em águas baixas. Há um encurvamento da crista da onda em resposta ao arrastar no fundo. Observando as ondas que se aproximam da costa raramente têm as suas cristas paralelas à linha costeira. Uma vez que a velocidade das ondas baixas depende da profundidade, diferentes partes da mesma crista caminham para o litoral a velocidades diferentes. O que acontece é que a parte interior da onda (no lado do litoral próximo) move-se mais lentamente do que a parte exterior (no lado do litoral afastado), dado que esta está sobre maior profundidade. Logo, a velocidade diferencial faz com que as ondas se reorientem por refracção, tendendo a ficar paralelas ao declive da faixa litoral.

Além disso, se a linha costeira é irregular, com enseadas, promontórios ou esporões, as cristas das ondas quase que mimetizam os contornos da costa.

Compreende-se melhor a refração desenhando ortogonais (raios) perpendiculares às cristas das ondas e que as dividem em segmentos iguais na água profunda. Neste caso, como o espaço entre ortogonais é constante e a altura é uniforme ao longo da crista, a quantidade de energia entre ortogonais é idêntica. Mas, quando atingem as águas baixas, o raio perpendicular à crista acompanha a refração das ondas e aí, normalmente, acontece o seguinte (Figura 15):

- Onde as ortogonais divergem, a energia é “desfocalizada” e a rebentação é menor;
- Onde as ortogonais convergem, a energia é concentrada (“focalizada”) e a rebentação é maior.



**Figura 15:** Esboço da refração das ondas e respectivas ortogonais numa linha costeira irregular.

Para mais, há situações em que o cruzamento de ondas, devido à refração provocada por bancos de areia e outros obstáculos nos fundos baixos, cria momentos de grande distúrbio na agitação marítima. Assim, os rochedos dos promontórios podem ficar sujeitos a maior concentração de energia e à intensificação da rebentação das ondas, tal como acontece junto aos molhes portuários, enquanto nas enseadas largas das praias a rebentação é menor porque aí há maior dispersão de energia.

### 3. Rebentação litoral.

Quando as ondas entram em águas baixas, a altura ( $H$ ) aumenta e o comprimento ( $C$ ) diminui. Dividindo a altura pelo comprimento ( $H/C$ ), obtemos o declive da onda, o que ajuda a prever quando e onde as ondas ficam instáveis e quebram.

A inclinação crítica ocorre quando a altura da onda é cerca de  $1/7$  do seu comprimento. Então, a crista fica inclinada e instável e a fricção do fundo retarda o avanço da base da onda, provocando a rebentação, a qual pode ser de três tipos:

- A Rebentação Derramante, que é a mais comum. O fundo sobe suavemente e a parte superior da crista abate sobre o avanço da onda, quebrando continuamente e perdendo lentamente a energia;

— A Rebentação Mergulhante, que ocorre quando o gradiente de inclinação do fundo já é sensível e toda a frente da onda inclina, enrola e colapsa, libertando muito da sua energia instantaneamente;

— A Rebentação Oscilante que está associada às praias íngremes. As pequenas ondas não ganham grande inclinação, sobem suavemente e quebram junto à praia, reflectindo muito da sua energia para o mar.

Como resultado da oscilação das ondas, das correntes e do efeito da gravidade, a distribuição de partículas de diferentes tamanhos ocorre simultaneamente em diferentes proporções e, muitas vezes, em direcções opostas. Isso tem a ver com o regime das ondas, o declive submarino, os bancos arenosos submersos e os afloramentos rochosos, tendo em conta que o material grosseiro (seixos, calhaus, cascalho e conchas) somente pode ser movido pelas ondas de maior porte. O que, desde logo, permite distinguir a influência de ondas oceânicas relativamente às vagas litorais, dado que estas actuam perto da linha da costa, enquanto aquelas conseguem mobilizar o material mais pesado de toda a área litoral até uma determinada batimetria. Isto pode ter efeitos positivos no equilíbrio global da costa, ou, pelo contrário, efeitos destrutivos, pois o incremento da força das ondas em águas pouco profundas pode impedir a sedimentação e mesmo o desenvolvimento de plantas aquáticas nos sectores rochosos.

Além disso, onde as correntes da ondulação convergem a água é forçada a fluir em direcção ao mar, criando uma estreita e rápida corrente de retorno ("rip current") que "rasga" as águas num fluxo de sentido inverso, drenando o excesso de água na zona de rebentação. Este é, aliás, um dos efeitos que os esporões produzem quando estão sujeitos a determinados ângulos da ondulação.

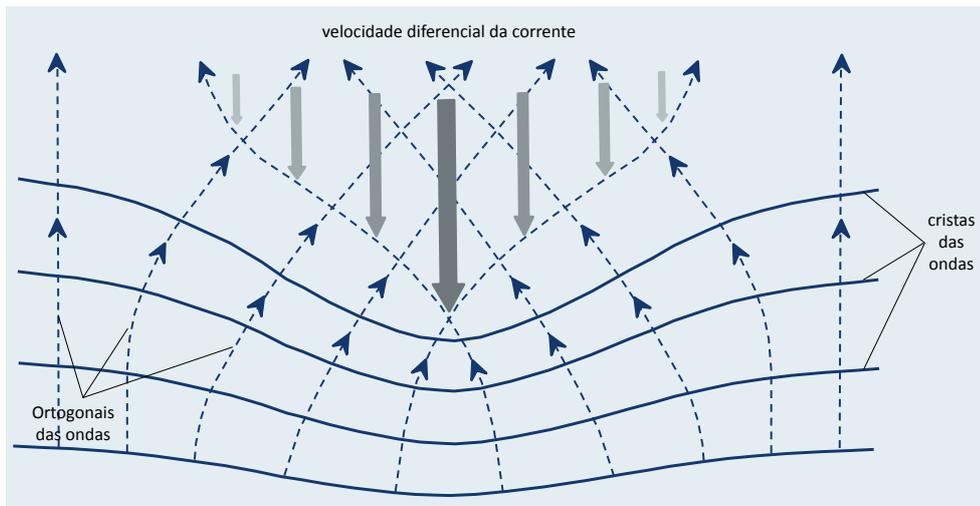
Há um conjunto de equilíbrios precários e um efectivo potencial de risco que, sob condições de tempestade, podem conduzir à destabilização dos sistemas costeiros. Nesses momentos de crise, exprime-se a conjugação de forças nas investidas do mar sobre a zona costeira:

— Em primeiro lugar, a baixa pressão atmosférica potencia a subida do nível do mar;

— Decorrente da dimensão da depressão barométrica, os ventos fortes dirigem a água para terra e atiram-na com violência contra a costa.

Acontece que se cria uma situação de água profunda no litoral, ao mesmo tempo que se eleva o nível do mar e se formam ondas que quebram muito mais para o interior da costa do que é normal suceder. As piores condições ocorrem quando os valores de sobrelevação se combinam com os períodos de preia-mar de marés-vivas.

Mas há ainda um processo suplementar que agrava esses eventos e que tem a ver com um factor já referido: quando as ondas grandes associadas à sobrelevação meteorológica do nível do mar têm a oposição de correntes muito fortes, dá-se simultaneamente a refração e a difracção dessas ondas, devido à variação superficial da velocidade (Figura 16). Então, o forte fluxo da corrente retarda o avanço das ondas, causando a curvatura das cristas e o aumento da altura, juntamente com vários distúrbios causados pela alteração na direcção das ondas que podem conduzir a situações verdadeiramente caóticas numa boca de um estuário ou numa barra portuária.



**Figura 16:** Formação de ondas gigantes quando as ortogonais inflectem contra uma corrente com velocidades variáveis à superfície, gerando forte distúrbio nas direcções devido à refração e à difração das ondas oceânicas (adaptado de Pinet, 2000).

O regime de ondulação é importante porque define determinados padrões na mobilização dos sedimentos costeiros e dos respectivos balanços longilitorais ou transversais. Face a influências diversas da meteorologia e da direcção das ondas, existe potencialmente um transporte litoral de sedimentos nos dois sentidos das linhas costeiras, com um saldo nítido de norte para sul na costa ocidental e de oeste para este na costa sul, dependendo o transporte real essencialmente do clima de agitação marítima, embora seja também fortemente condicionado pela quantidade e características das fontes aluvionares, pela geomorfologia costeira e dos fundos litorais e pelas barreiras artificiais que, depois, explicam as diferenças entre o transporte potencial e o transporte real.

#### D. Meteorologia e agitação marítima

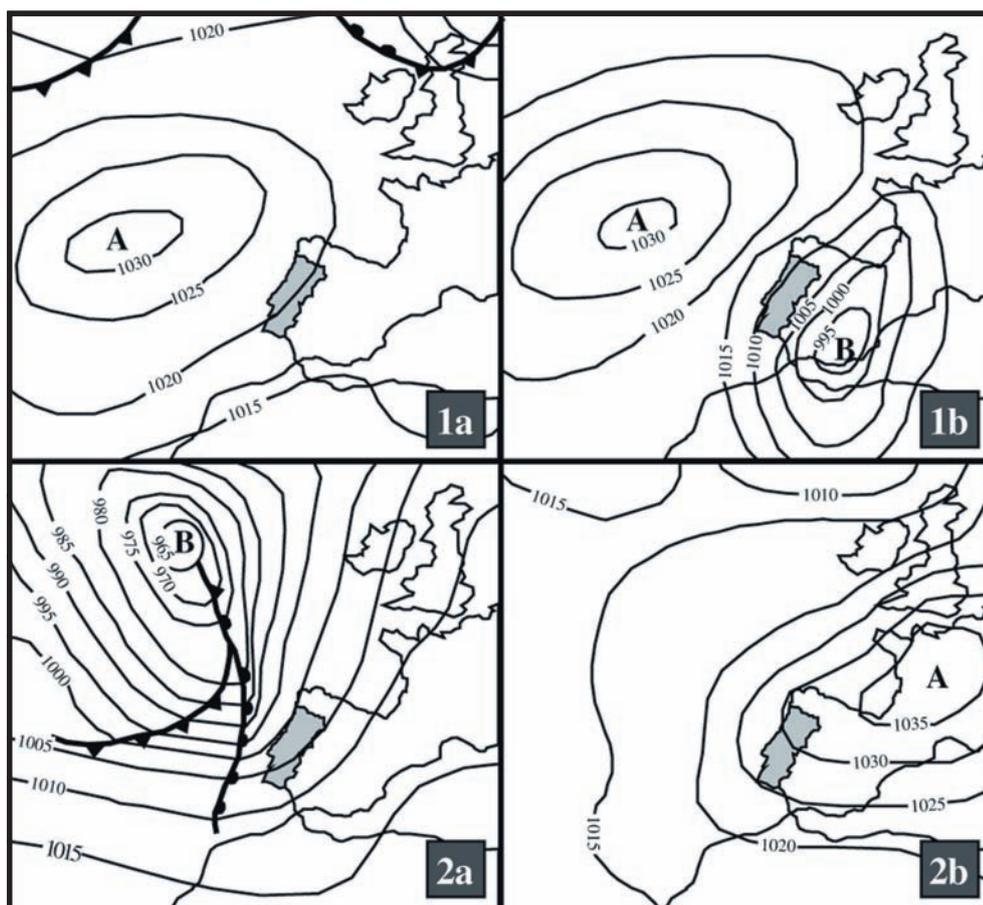
Os fenómenos meteorológicos assumem importância relevante sobre a estabilidade e a evolução da costa, nomeadamente a direcção, a velocidade e a frequência do vento, a elevação do nível do mar e, conseqüentemente, o clima de agitação marítima que tem influência determinante na deriva sedimentar litoral.

Uma vez que se verificam frequentes variações em anos próximos e em relação às designadas "condições médias", também os períodos de erosão e de acreção alternam, sem que exista um padrão com intervalos de tempo bem definidos. Por outro lado, as condições locais e regionais são susceptíveis de introduzir alterações de escala muito significativas.

É fundamental compreender a forma como o quadro das condições meteorológicas mais comuns condicionam não só os estados de tempo associados à prevalência periódica de um qualquer sistema barométrico, mas também a influência que estes exercem sobre vários fenómenos que assumem importância relevante sobre a estabilidade e a evolução da costa, como sejam a direcção, a velocidade e a frequência do vento, o clima de agitação marítima e a conseqüente deriva sedimentar litoral.

Partindo da análise do desenvolvimento das situações meteorológicas que, grosso modo, dominam sobre a costa portuguesa (Figura 17) podemos chegar, basicamente, às seguintes conclusões gerais:

- a) Numa metade do ano, verifica-se o predomínio do sistema das Altas Pressões Subtropicais, essencialmente definido pelo designado Anticiclone dos Açores, o qual impõe um regime de vento com orientação N e NW, característico da costa ocidental portuguesa e que se encontra bem instalado no período de Abril a Setembro, com os meses situados nos extremos a verificarem maior diluição de rumos face à concentração de Junho e Julho. Note-se, ainda, que as baixas pressões térmicas peninsulares não apresentam contradição perante estes rumos, reforçando até o seu nível de intensidade.
- b) No período de Outubro a Fevereiro, há uma certa dispersão de influências, mas, frequentemente, com algum predomínio dos rumos E-NE, mais vincado nos meses de Dezembro e Janeiro, o que elucida sobre o poder dos sistemas continentais europeus (altas pressões térmicas) que conseguem transportar até ao litoral atlântico as suas massas de ar frio e seco, as quais provocam severas vagas de frio, sobretudo nas noites dos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro.
- c) Os sistemas frontais (Frente Polar) associados às Baixas Pressões Subpolares mantêm-se activos a norte da Península Ibérica ao longo do ano, prevalecendo a sua influência mais para sul nos meses de inverno, o que justifica, logicamente, a maior precipitação neste período. Nos meses de Março e Abril pode haver um certo predomínio dos rumos W e SW, no que podemos considerar um período de transição (a Primavera), normalmente capaz de gerar condições de instabilidade e algumas tempestades violentas. É de referir que a ondulação originada pelos ventos de W-SW penetra mais facilmente nas bacias, sobretudo nas da costa ocidental.
- d) As velocidades médias do vento (em Km/h) mostram o predomínio energético dos sistemas atlânticos em relação aos continentais, o que significa que os rumos correspondentes às direcções da agitação marítima têm valores médios superiores aos restantes. É de realçar o período de Novembro a Abril em que a passagem de sistemas frontais provoca as maiores velocidades nos rumos SW, W e NW, situação que decorre das próprias características evolutivas da passagem do sistema frontal que se inicia normalmente por SW, rodando depois para W e, finalmente, para NW.

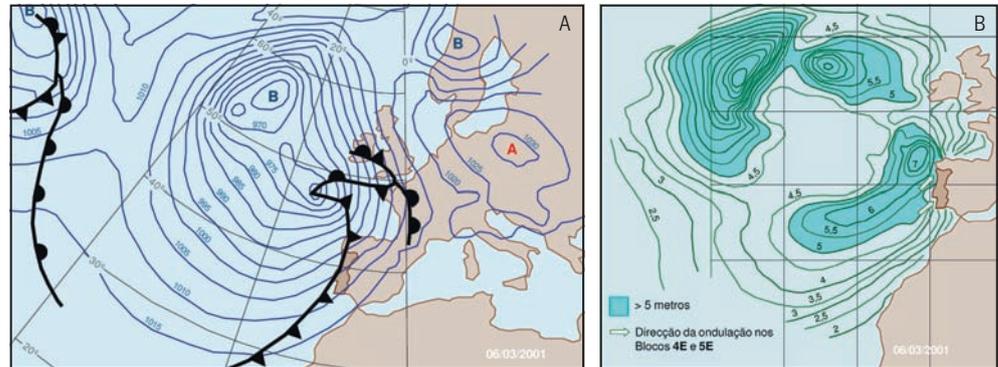


**Figura 17:** Situações meteorológicas mais comuns em Portugal (Ribeiro, 2001), onde:  
**1a** – Verão. Anticiclone dos Açores (APST), normalmente com vento de N e NW; **1b** – Verão. Aquece o continente e forma-se um centro de baixas pressões térmicas, com hipóteses de chuva e trovoada no interior e nortada no litoral; **2a** – Inverno. Sob a influência de uma Frente Polar, originada pelas BPSP, há vento forte e elevada agitação marítima de W-SW; **2b** – Inverno. A baixa temperatura reforça o domínio de um anticiclone térmico continental que traz céu limpo, mas acentuado arrefecimento nocturno, com geadas e prováveis vagas de frio.

Temos, portanto, estabelecidas condições variáveis para os estados de tempo e alguma diversidade no posicionamento relativo dos centros barométricos, sendo de registar que à variação em 1 milibar da pressão atmosférica corresponde a subida (sobreelevação) ou descida (subelevação) do nível do mar em 1 centímetro, consoante se verifique, respectivamente, baixa pressão ou alta pressão.

Torna-se claramente perceptível que os sistemas frontais atlânticos desenham formas capazes de criar na superfície que atravessam diversos fenómenos, dos quais se destacam a sobrelevação do nível do mar (eustatismo barométrico) e a intensificação da velocidade do vento, directamente relacionados com o incremento da agitação marítima (maior altura e direcções divergentes da ondulação), sobretudo no período de inverno quando o carácter das perturbações frontais é capaz de provocar, grande parte das vezes, forte erosão sedimentar nas praias e mesmo ruptura nos cordões dunares litorais.

A questão da sobrelevação do mar de origem meteorológica (“storm surge”) está intimamente relacionada e dependente das depressões oceânicas mais cavadas, com frentes condicionadas em declives apertados, aumentando a força do vento e das tempestades e definindo a direcção das ondas que incidem sobre o litoral (Figura 18).



**Figura 18: A** – Sistema frontal das latitudes médias do Atlântico nordeste; **B** – Alturas significativas (HS) das ondas. Adaptado da carta meteorológica H+48 – 12H, de 06/03/2001 (Ribeiro, 2006).

Os estudos sobre a “storm surge” em Portugal sugerem que há uma resposta hidrostática da superfície do mar próxima da costa à baixa pressão e o impulso ascendente resulta do forte vento litoral e de correntes induzidas de Ekman que, associados a ondulação elevada com direcções não coincidentes (sobretudo no litoral próximo) e ao arrastamento de enormes quantidades de sedimentos, podem retardar o fluxo de escoamento fluvial e das correntes mareais durante muitas horas, concentrando a energia e aumentando os danos potenciais. Quer isto dizer que a alta ondulação incidente e as correntes superficiais e profundas não respondem imediatamente às mudanças no posicionamento dos centros de pressão e às alterações de direcção dos ventos dominantes, havendo, então, a concentração de fluxos energéticos que são mais fortes junto à costa e nos sectores próximos da foz de um rio.

As incidências da ondulação estão, pois, intimamente relacionadas com a posição das depressões subpolares e compreende-se que pequenas variações no deslocamento destes centros alteram as fases de cavamento ou de enchimento, a orientação das isóbaras e das frentes, a direcção e a intensidade do vento e a direcção e a altura das ondas.

Considere-se ainda que a distribuição dos rumos do vento, com maior ou menor intensidade, é variável no território continental e está relacionada com as mudanças sazonais da NAO (North Atlantic Oscillation) e dos sistemas a ela associadas: as perturbações frontais, mais frequentes nos meses de Outono/Inverno; e os anticiclones tropicais que prevalecem desde o final da Primavera até ao início do Outono, acompanhados por depressões térmicas continentais que acentuam as nortadas litorais de Julho e Agosto.

A NAO é um movimento de oscilação do campo de pressão atmosférica no Atlântico Norte que tem influência no clima de superfície, nos fluxos superficiais e mesmo nos fluxos das profundidades oceânicas. De facto, os índices NAO baseiam-se nas diferenças de pressão atmosférica ao nível do mar entre Ponta Delgada (Açores) e Stykkisholmur (Islândia),

registando-se, nesse intervalo, extremos que justificam as alterações significativas que se observam de uns anos para os outros:

- Quando a diferença de pressão é grande (NAO positiva), com uma profunda Baixa Pressão na Islândia e uma forte Alta Pressão nos Açores, ocorrem chuvas e temperaturas do ar acima do normal no norte da Europa e secas na Península Ibérica;
- Quando a diferença de pressão é pequena ou até inversa (NAO negativa), fortes chuvas ocorrem no sul da Europa, enquanto o norte vive invernos rigorosos com muito frio.

Tal como se verificam, por vezes, condições de prevalência prolongada de altas pressões no Inverno que influenciam as dinâmicas costeiras, também há períodos em que, por menor amplitude da NAO e intensificação das depressões oceânicas, o litoral português fica sujeito a eventos de grande magnitude que associam a sobrelevação meteorológica do nível do mar às grandes precipitações atmosféricas e ao forte escoamento fluvial. Neste campo, tudo indica que o próprio "sistema NAO" tem oscilações em períodos médios de cerca de 30 anos, o que significa que se pode esperar a prevalência das anomalias negativas no primeiro terço do Século XXI, no qual a Península Ibérica terá mais instabilidade e precipitação.

Um dos primeiros momentos de valores extremos deste século ocorreu no Inverno de 2000/2001, quando, no prazo de menos de um mês, entre Janeiro e Fevereiro, se registaram vários eventos de cheias centenárias, com os valores de precipitação a baterem recordes históricos (e.g., 385 mm de precipitação em Coimbra, no mês de Janeiro de 2001) e a causarem danos nos sistemas de contenção de algumas bacias. Ou, mais recentemente, a tormenta que se abateu sobre a ilha da Madeira, onde, em apenas 24 horas (no dia 20 de Janeiro de 2010), se registaram 400 mm de precipitação, dos quais cerca de 100 mm em apenas uma hora (!).

Na zona costeira, o período alargado de prevalência destes eventos extremos ajudou a potenciar condições de risco para vários troços e estruturas naturais. Este tipo de tempestades aproxima-se de W-SW (> 50% dos eventos) e têm tipicamente um período de prevalência de 8-10 dias, o que as torna extremamente danosas. São geradas pelo movimento rápido de largas e profundas depressões de Inverno, caracterizadas por pronunciada inflexão da Frente Polar em direcção ao Sul.

Alguns estudos demonstraram que um temporal com altura significativa (HS) de 9,5m (que tem ondas com altura máxima superior a 17m e período médio de cerca de 16s), está com períodos de retorno de apenas 5 anos. Mas para um retorno de 25 anos estima-se um período médio de cerca de 18s e uma altura significativa superior a 11m (a que corresponde uma altura máxima das ondas superior a 20m!).

Os valores apontados testemunham bem o carácter extraordinariamente energético de alguns sectores costeiros, bem como a violência extrema dos temporais que os podem assolar e que constituem um dos maiores riscos naturais e dos mais frequentes. As consequências da actuação de um temporal excepcional podem ser catastróficas. Não só a linha de costa sofrerá recuos muito grandes, como as estruturas de protecção costeira e algumas das edificações existentes podem ser seriamente danificadas.

## 4.2. Ecossistemas marginais prioritários

As zonas costeiras e litorais são compostas por vários sistemas interactivos que estão organizados em profundas relações de interdependência, progressivamente condicionados pela ocupação humana.

Especialmente complexos e sensíveis são os habitats que estabelecem as fronteiras entre o mar e a terra, os quais albergam uma assinalável diversidade de biótopos naturais como sejam as águas livres, as ilhas com vegetação, as margens de vasa e lodo, os sapais, as salinas, as dunas e as escarpas que, no conjunto, podem ser distribuídos por três grupos principais:

- Habitats aquáticos permanentes;
- Habitats de transição que sofrem a influência das marés (sapais, juncais, caniçais);
- Habitats terrestres sujeitos à influência marítima (dunas, falésias e arribas naturais).

Em todos eles, plantas, animais e microrganismos têm uma íntima relação com o ambiente físico, do qual dependem no fornecimento de nutrientes minerais, fluxos de água e sedimentos ou rochas de suporte. Nestes meios, é construída uma estrutura ecológica que se adapta às mudanças sazonais, à evolução fisiográfica da costa e dos fundos e, também, aos eventos extremos induzidos por alterações antrópicas que, por vezes, mudam dramaticamente a geomorfologia e os habitats de transição.

No que respeita aos habitats aquáticos, consideram-se duas grandes divisões (ou províncias) intimamente relacionadas com os modos de vida:

- Os Habitats Pelágicos, que correspondem aos seres e relações operadas na coluna de água;
- Os Habitats Bênticos, que dizem respeito à vida no fundo do mar ou das zonas húmidas costeiras.

É comum a subdivisão destes habitats em zonas territoriais:

A. Na Província Pelágica, distinguem-se:

- A Zona Nerítica, que abrange a plataforma continental próxima, onde a luz penetra até ao fundo, podendo ser realizada a fotossíntese (toda a zona fótica, no que respeita à penetração da luz);
- A Zona Oceânica, que está relacionada com a água profunda a partir do declive continental (zonas luminosas disfótica e afótica). Nesta zona, é habitual haver outras subdivisões relacionadas com a profundidade (zonas epipelágica, mesopelágica, batipelágica, abissalpelágica e nadalpelágica) que se enquadram nos andares e fronteiras sugeridos anteriormente (Figura 5).

B. Na Província Bêntica, as transições são contínuas, compreendendo:

- A Zona Litoral, que, para este efeito, corresponde à faixa entre-marés;
- A Zona Sublitoral, que se estende até ao declive continental;
- As zonas Batial (200 a 2.000 metros de profundidade), Abissal (de 2.000 a 6.000 metros de profundidade) e Nadal (mais de 6.000 metros de profundidade) que representam a progressiva evolução para o oceano profundo, também com correspondência em relação às fronteiras físicas anteriormente referidas.

Por outro lado, a plataforma continental integra o sistema fital (com vegetação) e os povoamentos podem ser agrupados em 4 andares, no sentido do oceano para a costa:

1. O Andar Circalitoral, constituído por algas que apenas toleram luminosidade atenuada (ciáfitas) e colónias de grandes dimensões de briozoários, esponjas, gorgónias e alcionários.
2. O Andar Infralitoral, que se estende desde a profundidade compatível com a existência de algas fóticas e angiospérmicas marinhas até ao limite inferior da zona entre marés. Nos fundos infralitorais rochosos, o ouriço-do-mar *Paracentrotus lividus* que se alimenta de algas, pode eliminar a vegetação de determinada área e provocar o aparecimento de uma fácies de *Lithophyllum incrustans*, alga calcária que o ouriço não ataca. Nos substratos arenosos, assinalam-se os densos povoamentos de *Zostera marina* em zonas de hidrodinâmica intermédia (sobretudo, em estuários abertos e pouco poluídos), enquanto os detritívoros se encontram nos depósitos lodosos mais calmos que contêm a mistura de argila e matéria orgânica de que dependem.
3. O Andar Mediolitoral, totalmente compreendido na zona intermareal, é um habitat muito difícil para animais e plantas que têm de estar bem adaptados a períodos de exposição ao ar e a grandes variações de temperatura. Sobre o substrato rochoso, os crustáceos *Chthalamus montagui* e *Chthalamus stellatus* estão presentes em toda a extensão do andar, enquanto se encontram densos povoamentos da alga castanha *Laminaria digitata* na parte superior, a qual tem um papel muito importante na atenuação da energia das ondas. Por seu lado, o mexilhão *Mytilus galloprovincialis* ocupa a parte mais baixa, onde está instalada a alga calcária *Lithophyllum lichenoides* que delimita o nível inferior. De referir que, à primeira vista, muitos dos animais que habitam as rochas têm efeito protector contra a erosão, mas é preciso não esquecer que as secreções destes organismos ajudam a decompor os afloramentos rochosos e, geração após geração, a superfície rebaixa mais do que se estes organismos não existissem. Já os substratos arenosos apresentam povoamentos de crustáceos anfípodes e poliquetas, sendo a infauna mais numerosa. Refira-se que bivalves como a pequena Coquina (*Donax variabilis*) combinam os períodos de afundamento nas areias com as correntes e as vagas, disseminando as suas populações por todo o litoral mareal.
4. O Andar Supralitoral é o que se encontra logo a seguir, na transição para o domínio terrestre. Em substrato rochoso, a fronteira faz-se através de alguns endemismos, como *Armeria welwitschii* e *Limonium plurisquamatum* que são plantas adaptadas à influência marítima; enquanto na zona de praia sujeita às marés, a flora é composta de microalgas bênticas e fitoplâncton (as diatomáceas são dominantes), juntamente com uma variedade de macrofauna invertebrada e formações instersticiais, zooplâncton, peixes e aves. Aqui, observa-se um zonamento animal e vegetal que incrementa a diversidade para o lado terrestre, no sentido das dunas.

A geomorfologia costeira potencia várias formas de contacto que vão além das anteriormente referidas, como sejam as lagunas que vivem ao ritmo das marés e têm normalmente mais salinidade do que a água do mar; e os estuários que são corpos de água semi-fechados, confinados às barras mareais, onde a água do rio se mistura com a água do oceano, criando condições de grande fertilidade devido ao arejamento provocado pelas ondas e marés, às cargas de nutrientes transportados por via fluvial e, também,

à ressuspensão de nutrientes. Além disso, os estuários são as primeiras geofomas a responder à energia mareal, porque desenvolvem uma morfologia que dissipa as ondas sem sofrer grandes alterações, estendendo-se pelas áreas submareais e intermareais em direcção a terra, abarcando ambientes como praias, dunas, terras altas em erosão, canais de corrente, plataformas rochosas, sapais, prados de gramíneas, leitos de algas e planícies de maré, até uma grande variedade de margens terrestres alteradas pelo Homem.

A biomassa dos bentos estuarinos é tipicamente elevada devido à abundância de recursos alimentares. Onde o fundo é rochoso, as comunidades dominantes são os "filtradores" como o mexilhão (*Mytilus galloprovincialis*), a ostra (*Ostrea edulis*) e o perceve (*Pollicipes pollicipes*); por seu lado, os substratos de lodo e areia suportam uma epifauna com caranguejos (*Carcinus maenas*) e estrelas-do-mar (*Astropecten aranciacus*), enquanto na infauna se destacam as amêijoas (*Ruditapes decussata*), as lambejinhas (*Scrobicularia plana*), os berbigões (*Cerastoderma edule*) e poliquetas como *Nereis diversicolor*. Também os peixes e os crustáceos utilizam os canais submareais, a superfície lodosa intermareal e os leitos de gramíneas marinhas durante períodos da sua alimentação diária, fuga aos predadores e para desova, sendo inúmeras as espécies com hábitos estuarinos, como o robalo (*Dicentrarchus labrax*), o linguado (*Solea vulgaris*), o choco (*Sepia officinalis*) e a tainha (*Liza aurata*), entre muitos outros.

Os estuários possuem faixas marginais de transição com extensões variáveis, constituídas por lodos e areias que estão sujeitos aos regimes mareais e são colonizadas por vegetação halófitas, habitualmente pobre em termos de diversidade florística. De facto, observam-se grandes áreas cobertas quase exclusivamente por uma espécie, ficando conhecidas por esse domínio, como sucede, por exemplo, com o Morraçal (de morraça, nome vulgar da *Spartina maritima*). Estas plantas têm várias adaptações e possuem mecanismos fisiológicos de ajustamento osmótico que evitam a acumulação de sais nas células.

No conjunto, como resultado de dinâmicas geomorfológicas, climáticas, hidrológicas e biológicas, a zona costeira possui habitats diversificados, dos quais se destacam:

- Enseadas, baías e fundos arenosos, lodosos, de cascalho e afloramentos rochosos, colonizados ou não por comunidades de macrófitas;
- Arribas costeiras, onde ocorrem espécies resistentes à salinidade, ao vento e a altas temperaturas;
- Habitats terrestres sujeitos à influência marítima (sob o efeito do "spray" marítimo), onde predominam as formas e a vegetação dunares;
- Habitats de transição que são influenciados directamente pelas águas marinhas das marés, abrangendo sapais das margens e dos bancos vasosos, juncais, caniçais e matas detamargueiras;
- Habitats aquáticos contíguos, frequentemente dulçaquícolas, que têm um efeito estabilizador do ponto de vista do conceito de "contínuos naturais".

Importa relevar a importância de todos estes habitats para a conservação da natureza, sobretudo as áreas de maior sensibilidade, como são as dunas eólicas e os sapais estuarinos e lagunares que constituem os sistemas costeiros prioritários nas acções preventivas, de mitigação, ou de intervenção correctiva. As zonas húmidas, aliás, são sempre uma reserva ecológica primordial, uma vez que constituem os ecossistemas com maior produtividade biológica, base de cadeias alimentares para numerosas espécies de moluscos, crustáceos, peixes, répteis, aves e mamíferos.

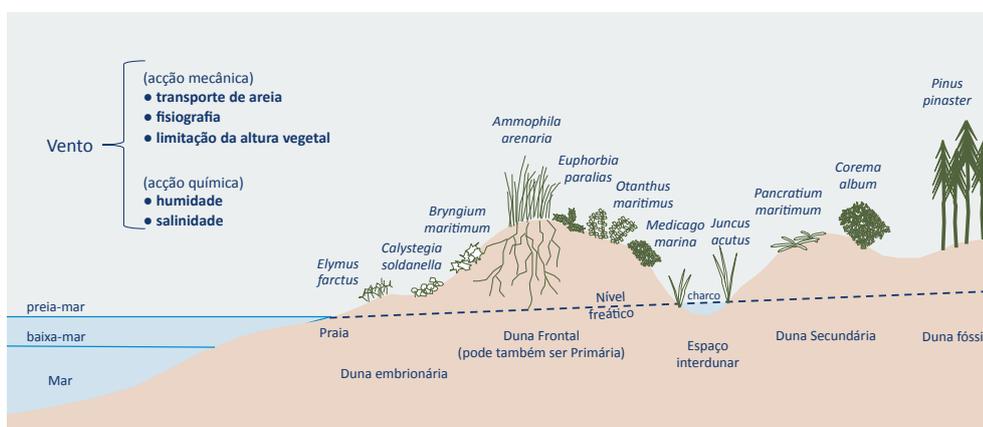
## A. Sistemas dunares eólicos

As dunas costeiras são barreiras naturais que previnem a inundação de áreas interiores. Todo o processo de construção dos sistemas dunares é comandado pelo vento, coadjuvado pela vegetação psamófila que é composta por plantas que desenvolveram adaptações morfológicas, anatómicas e fenológicas que lhes permitem resistir aos ventos fortes, à salinidade, às amplitudes térmicas elevadas, à fraca disponibilidade de água, à mobilidade das areias e ao enterramento.

A formação das dunas dá origem a uma morfologia de "cordilheiras" de areia que tendem a ser paralelas à faixa costeira, cada uma separada da outra por "vales". Como é o vento o factor determinante da orientação do campo de dunas, são vulgares as situações de obliquidade e até de um certo caos morfológico quando há maior variabilidade dos rumos e da intensidade do vento. Ou seja, o dinamismo eólico dominante da duna primária/frontal é condicionado pelas marés e ondas e pelo abastecimento de areias marinhas tendo, por isso, uma orientação longilitoral (paralela à linha costeira).

Em períodos secos, com forte vento litoral e amplo suprimento de areia, formam-se antedunas na parte superior da praia, as quais podem migrar para o campo das dunas frontais e daí alimentam as áreas posteriores. No entanto, sob condições meteorológicas adversas, associadas a fragilidades do sistema, a deflação eólica pode criar depressões erosivas que afectam as dunas, ao ponto de haver invasão marítima e inundação dos terrenos interiores. Este tipo de erosão, habitualmente designado de "blowout", faz parte da dinâmica dunar, embora ultimamente venha a ser incrementado pela presença humana, nomeadamente pelo pisoteio e pela circulação de veículos todo-o-terreno, ajudando, assim, ao posterior arrastamento de areia para o mar durante as tempestades.

Os sistemas dunares costeiros caracterizam-se por gradientes de mobilidade e de salinidade que promovem a zonação típica de biótopos em estratos tendencialmente paralelos ao mar, onde os complexos de vegetação estão muito relacionados com a geomorfologia dunar (Figura 19).



**Figura 19:** Esboço morfológico das frentes dunares eólicas da costa ocidental portuguesa, com a posição de algumas das espécies vegetais representativas (adaptado de Ribeiro, 2006).

Considerando os condicionalismos e barreiras naturais, podem ser diferenciadas pelo menos 5 zonas, caminhando do mar para terra:

1. A comunidade ante ou pré-dunar, onde, entre outros, se depositam os resíduos orgânicos expelidos pelos rios e transportados pelas ondas e onde as plantas estão dispersas por extensas planícies arenosas de praia, relativamente baixas e bastante instáveis, dado haver transferência positiva de sedimentos da praia para a duna. Na zona que corresponde ao limite superior da maré, podemos encontrar a eruca-marinha (*Cakile maritima*), acompanhada em quase toda a costa pelo polígono-marítimo (*Polygonum maritimum*) e pelo sapinho-das-areias (*Honkenya peploides*), como se disse, muito expostas às rápidas mudanças no perfil da praia.

2. As dunas embrionárias que podem estar em posição mais avançada do que a base que sustenta a comunidade anterior. Irregularmente disseminadas na transição entre a praia e as dunas móveis, constituem bancos que começam a ser resistentes à maré e onde se instalam plantas que suportam imersões esporádicas, como acontece com o feno-das-areias (*Elymus farctus*) que é a espécie dominante neste biótopo. Aqui, o vento facilmente arrasta as areias sobre a vegetação muito espaçada que conta, ainda, com outras espécies comuns, como a morganheira-da-praia (*Euphorbia paralias*), a couve-marítima (*Calystegia soldanella*) e o cardo-marítimo (*Eryngium maritimum*).

3. A duna primária, ou duna frontal (sendo este um conceito mais preciso, pois apela à sua posição e não à sua génese), caracteriza-se por ser uma duna contínua em estabilidade dinâmica e que sofre menos severamente os efeitos do vento e do "spray" salino, criando condições para a fixação de vários tipos de plantas que retêm mais areias. Realça-se aqui outra grande edificadora de dunas e pioneira na sua colonização: o estorno (*Ammophila arenaria*) que domina a crista dunar e é a planta mais importante para a estabilidade da duna primária, visto ser esta fixada pelos seus rizomas de crescimento contínuo e pelas raízes que se mantêm activas a vários metros de profundidade, além de ser muito resistente ao enterramento. O estorno é acompanhado por outras espécies, como o cordeirinho-da-praia (*Otanthus maritimus*), a morganheira-da-praia, a couve-marítima, a granza-da-praia (*Crucianella maritima*), a luzerna-das-areias (*Medicago marina*) e o trevo-de-creta (*Lotus creticus*) que enriquecem a composição florística e contribuem para a estabilidade dunar.

4. A zona interdunar, ou duna húmida, começa na face interior da duna primária, onde as areias já estão definitivamente fixadas. Além das espécies já citadas, surgem outras como o narciso-das-areias (*Pancratium maritimum*), a erva-pinchoneira (*Corynephorus canescens*), a madorneira (*Artemisia* spp.) e a perpétua-das-areias (*Helichrysum angustifolium*), entre outras. No limite para a zona arborizada, salientam-se as linárias de flores amarelas (*Linaria caesia* e *Linaria spartea*), o alfinete-das-areias (*Silene littorea*), o pinheirinho-das-areias (*Sedum sediforme*) e também algumas gramíneas como o rabo-de-lebre (*Lagurus ovatus*) e ciperáceas como a junça-das-areias (*Carex arenaria*). Nas depressões húmidas, onde se acumula a água da chuva, ou onde a toalha freática atinge a superfície, podemos observar o junco-agudo (*Juncus acutus*) e o chorão (*Carpobrotus edulis*) que é uma exótica que também vem alastrando nas áreas dunares próximas das povoações.

5. A duna secundária, por vezes associada a dunas fósseis, é uma duna estabilizada e arborizada, com várias depressões e elevações, dependendo de diversos factores, como seja a afirmação de dunas antigas. Numa zona já muito lavada, surgem os arbustos de maior porte

e pequenas árvores de perfil alterado pela exposição aos ventos marítimos, bem como o pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*) que foi plantado há décadas para sustentar o avanço das areias para o interior. No substrato arbustivo e subarbustivo, destaca-se a camarinhira (*Corema album*), a sabina-da-praia (*Juniperus phoenicea*), a joinha-das-praias (*Ononix natrix*), a murta (*Myrtus communis*), o tojo-arnal (*Ulex europaeus*), a perpétua-das-areias e o lentisco-bastardo (*Phillyrea angustifolia*), entre algumas mais recentes como a acácia (e.g., *Acacia longifolia*), uma exótica que começa a tornar-se dominante nas frentes e nos sectores mais abertos das plantações de pinheiro-bravo.

Os cordões dunares arenosos em Portugal diferenciam-se pelos impactes antrópicos a que estão sujeitos, uma vez que em termos florísticos não se registam grandes diferenças, com excepção das que foram abrangidas por intervenções correctivas na retaguarda, como é o caso da plantação massiva de pinheiro-bravo na região centro.

Além disso, por efeito da construção de barreiras costeiras ao trânsito sedimentar, como sejam molhes portuários, esporões e muros marítimos, verifica-se o estreitamento da área de praias e dunas, sobretudo por falta de alimentação marítima, o que vem originando a formação de escarpas erosivas que podem atingir vários metros de altura e que, em certos locais, apresentam frequentes e expressivos corredores de deflação e o aumento da susceptibilidade ao galgamento oceânico (Foto 1).



**Foto 1:** Escarpas de erosão das dunas frontais a sotamar do esporão da Leirosa. A severidade da agitação marítima foi sustentada essencialmente pela estrutura resistente formada pelo estorno (*Ammophila arenaria*) e sistema dunar dinâmico (9/03/2002).

Já os sectores costeiros menos povoados estão melhor estabilizados, embora se venham registando movimentos de dunas costeiras devido à destruição do coberto vegetal original ou plantado. O facto é que as dunas primárias também têm sido ampliadas pelo uso do ripado, atingindo alturas entre os 7 e os 12 metros, ao mesmo tempo que, em certos sectores, ainda beneficiam da plantação de estorno efectuada no início do Século XX. Além disso, actualmente, as dunas longilitorais, sobretudo as frontais, estão sujeitas a um plano de protecção que inclui barreiras e passagens sobrelevadas que têm ajudado à sua estabilização. E isso contribui para moldar determinadas dinâmicas eólicas, além de promover o desenvolvimento das associações de plantas essenciais à estabilidade dunar.

## **B. Sapais estuarinos e lagunares e substratos das águas de transição**

As zonas húmidas estuarinas e lagunares são áreas muito importantes para refúgio, descanso, alimentação, reprodução e crescimento de inúmeras espécies de peixes, moluscos e crustáceos, graças às suas particulares características de amenidade, abrigo, e riqueza em nutrientes. Constituem, também, um espaço de eleição para as aves marinhas e para as limícolas que aqui encontram alimento em abundância.

Nas áreas intermareais, sobretudo as estuarinas, os lodos e areias constituem solos halomórficos aluvionares de origem fluvial e marinha, os quais vão sendo colonizados a partir de terra firme por vegetação halófita, capaz de suportar quer o encharcamento do solo quer a salinidade das águas, dando origem aos denominados sapais.

Estas faixas marginais em transformação, são diariamente cobertas e descobertas pelas correntes de enchente e de vazante, sendo a drenagem da água salgada controlada largamente por uma rede meandrizada de canais mareais, por onde circulam sedimentos, detritos das plantas, nutrientes dissolvidos e muitos pequenos peixes. Instalam-se aí comunidades de plantas que ficam submersas pelas marés mais elevadas, incluindo na área das salinas. Trata-se de uma vegetação que tem adaptações morfológicas e fisiológicas para suportar rápidas variações de salinidade, temperatura e evapotranspiração, tais como redução da área foliar, aumento da succulência das folhas e dos caules, aumento da massa radicular, protecção dos órgãos aéreos por espessa cutícula, presença de glândulas que segregam e acumulam iões, além de mecanismos de osmorregulação que evitam a acumulação de sais nas células.

Apesar dos constrangimentos antrópicos e da acentuada redução das margens lodosas e bancos intermareais nas últimas décadas, as áreas de sapal ainda constituem um meio extremamente produtivo que dispõe de enormes quantidades de matéria orgânica e nutrientes minerais, permitindo o desenvolvimento de comunidades vegetais que se mantêm activas todo o ano.

No sapal, observa-se o zonamento da vegetação em função das características peculiares de cada espécie e das condições edáficas que vão variando com a diminuição da cota dos fundos do estuário, a redução do período de submersão e, logicamente, dos graus de salinidade. É comum, por isso, distinguir três zonas ou faixas nos terrenos do sapal: 1. O Sapal Baixo, a margem húmida ou limite inferior, onde as planícies e os bancos lodosos são cortados por canais;

2. O Sapal Médio, uma zona com período reduzido de submersão, normalmente declivosa, na qual a deposição é predominantemente lateral;
3. O Sapal Alto, o limite superior ou margem seca, que ocupa os níveis da preia-mar de marés-mortas até à maior preia-mar de marés-vivas.

Cada uma destas zonas é colonizada por espécies distintas (zonamento monotípico), podendo as condições de submersão, sedimentação e arejamento do solo ser influenciadas por esteiros e outros canais de circulação da água. De qualquer modo, a variação florística evolui naturalmente de jusante para montante:

- No Sapal Baixo, onde as águas têm normalmente salinidade superior, a colonização faz-se por uma gramínea rizomatosa pioneira, a morraça (*Spartina maritima*) que suporta períodos prolongados de submersão e que se encontra na vizinhança de plantas aquáticas com grande importância ecológica, como o sirgo (*Zostera noltii*) e a fita (*Zostera marina*);
- No Sapal Médio, predominam halófitas da família Chenopodiaceae, como a salicórnia (*Salicornia ramosissima*), a gramata (*Sarcocornia perennis*, *Arthrocnemum fruticosum*) e a gramata branca, ou salgadeira (*Halimione portulacoides*) que frequentemente aparece a bordejar as valas, os esteiros e os canais mareais;
- No Sapal Alto, as espécies dominantes são o junco-marítimo (*Juncus maritimus*) e o triângulo (*Scirpus maritimus*) que têm vindo a ocupar áreas mais vastas, normalmente terrenos de salinas abandonadas.

De seguida, verifica-se um acentuar da transição para habitats dulçaquícolas, surgindo o bunho (*Scirpus lacustris*), o caniço (*Phragmites australis*) e as tabúas (*Typha latifolia*, *Typha angustifolia* e *Typha domingensis*), enquanto a tamarqueira (*Tamarix africana*) marca a transição para o meio terrestre.

O sapal baixo é a mais produtiva área das zonas húmidas, onde a matéria orgânica morta é decomposta por bactérias e fungos, consumida por filtradores e zooplâncton e acumulada em ricos solos orgânicos. No entanto, o excesso de nutrientes também tem outras consequências, pois na área da *Zostera noltii*, a alta produtividade pode ser aproveitada pela expansão competitiva de *Enteromorpha* spp. e *Fucus* spp. que se desenvolvem muito rapidamente porque são plantas que retiram os nutrientes directamente da coluna de água, acentuando os processos de eutrofização.

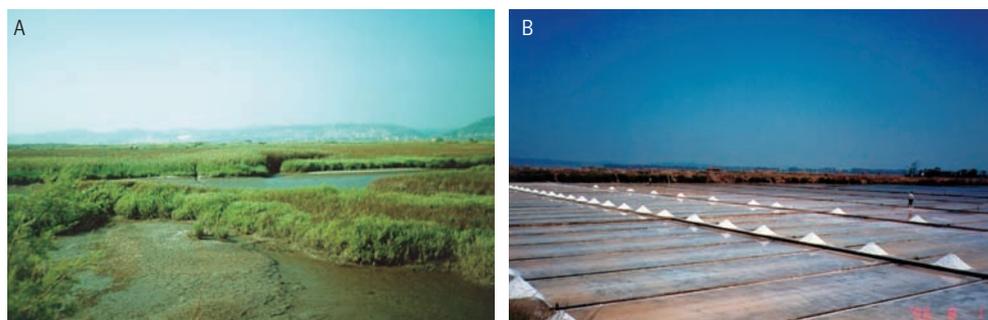
Por seu lado, as marinhas de sal são um biótopo que pode ser considerado semi-mareal, dado o condicionamento da manobragem humana. As salinas integram um conjunto complexo de valas, canais, diques, reservatórios de decantação e compartimentos de evaporação que são colonizados por vegetação típica do sapal e por vegetação exclusiva destes meios, uma vez que a elevada salinidade em toda a área dos cristalizadores limita o número de espécies. Note-se que, por essa razão, a gramata é ainda mais resistente a teores elevados de salinidade do que a morraça, uma vez que se instala em zonas onde o período a descoberto é mais longo, há maior temperatura e evaporação e, por conseguinte, mais salinidade no solo.

A arquitectura, hidráulica e gestão temporal das salinas contribui para o equilíbrio ambiental, desde logo pela organização dos fluxos de água que percorrem séries sucessivas de compartimentos, distribuídos pelos três grandes sectores das marinhas:

- Os Viveiros que são grandes reservatórios de água mareal onde se faz a criação extensiva de peixe, aproveitando a grande quantidade de organismos como artémias (*Artemia salina*) e rotíferos (*Brachiarus plicatilis*), mas onde também ocorre a deposição da matéria suspensa;
- As Comedorias que constituem a maior porção de superfície evaporatória, permitindo a precipitação de alguns sais dissolvidos (ferro e carbonato de cálcio, por exemplo);
- As Praias que, tendo um mínimo de três ordens de compartimentos e um máximo de cinco, formam a maior parte da superfície de cristalização e oferecem condições excelentes de nidificação e alimentação à avifauna invernante.

Com o seu traçado sinuoso, os Viveiros proporcionam a lenta circulação da água marinha, a sua decantação e a absorção de partículas suspensas pela vegetação marginal, constituindo, por isso, um notável mecanismo de depuração ambiental. Aliás, esse processo de deposição e integração de carga suspensa nos sedimentos, incluindo poluentes orgânicos e químicos, é primeiramente realizado nos esteiros, alguns dos quais poderão tornar-se factores de risco no abastecimento das marinhas, em função do seu grau de poluição.

Conjuntamente com o sapal, as marinhas e os seus esteiros constituem os territórios habitualmente designados por “salgados”, sendo ambos especialmente importantes para a avifauna que exprime aí grande riqueza de espécies e números elevados de indivíduos da mesma espécie (Fotos 2A e 2B).



**Fotos 2A e 2B:** Áreas estuarinas de sapal alto (A) e de salina (B).

Dada a variedade de condições de abrigo, protecção e alimentação, algumas espécies nidificam nas salinas, beneficiando da estrutura aberta e da defesa contra predadores. Na verdade, trata-se de relativamente vastos territórios que são muito importantes para aves com hábitos alimentares diferentes (nas salinas ou nos bancos areno-lodosos) como, por exemplo, as pernaltas. Estas vêm sofrendo com a redução das áreas de alimentação, quer por degradação das salinas e mau funcionamento dos circuitos aquáticos nos compartimentos das marinhas quer pelo decréscimo de presas devido a processos de eutrofização, quer ainda pelo alargamento da área ocupada por tanques de pisciculturas que aumentam a profundidade nos reservatórios de produção. E isso pode vir a limitar drasticamente as condições de vida das limícolas Haematopodidae (ostraceiro), Recurvirostridae (perna-longa, alfaiate), Charadriidae (borrelho-de-coleira, tarâmbola-dourada) e Scolopacidae (maçaricos, pilritos, narcejas, galinholas).

De entre as espécies de avifauna mais comuns, salientam-se as omnipresentes gaivotas (*Larus* spp.), o galeirão (*Fulica atra*), a garça-branca (*Egretta garzetta*), o mergulhão (*Tachybaptus ruficollis*) e a marrequinha (*Anas crecca*). Além destas, há espécies que afirmam cada vez mais a sua presença em Portugal, como é o caso do flamingo (*Phoenicopterus ruber*). Pelo contrário, em vários ambientes estuarinos e lagunares da costa ocidental as populações de pato-real (*Anas platyrhynchos*) têm vindo a diminuir e, além disso, tem vindo a diminuir a massa e a condição corporal das aves, com os adultos a perderem parte do seu peso médio, o que é atribuído à destruição das áreas de refúgio ricas em invertebrados, logo com um teor menos elevado de proteínas necessárias para a reprodução e muda de penas. Acrescente-se que a actividade cinegética tem provocado a drástica redução do número de efectivos desta espécie, quer pelo abatimento de aves quer pelo aumento do "saturnismo" que é uma doença devida ao envenenamento por ingestão de bagas de chumbo que estão espalhadas pelos solos envolventes das áreas de caça, incluindo as zonas ribeirinhas.

Há, portanto, uma tendência para a diminuição da biodiversidade e alterações na composição das espécies presentes em favor das que melhor se adaptam à pressão humana e a certos nichos ecológicos, também eles sujeitos a variações bruscas de produtividade e ao aumento da competição, do parasitismo e da predação.

A biomassa estuarina concentra-se, pois, onde a distribuição da vegetação e as ricas populações de plâncton permitem o desenvolvimento de abundantes comunidades de macrofauna. Por isso, deve ter-se em conta que o desenvolvimento do zooplâncton estuarino é influenciado sobretudo pelas correntes de turbidez que limitam a progressão do fitoplâncton e afectam a quantidade de alimento disponível. E é necessário, também, considerar factores como as variações de salinidade e temperatura que influenciam a distribuição e a sucessão sazonal dos organismos zooplancónicos, além de comportamentos próprios do holoplâncton (organismos permanentes) e do meroplâncton (estados larvares de organismos pelágicos e bênticos).

Refira-se que os bentos estuarinos desempenham um papel essencial ao contribuírem para a agregação organo-mineral das vasas, fabricando e retendo substrato que é utilizado pelos fitobentos submareais e intermareais, filtram as partículas que estão em suspensão nas águas e reciclam a matéria orgânica dos cadáveres. Daí que os bentos sirvam como "espécies indicadoras" do estado do meio, não somente nos substratos móveis, mas também nos biótopos rochosos, onde dominam espécies como o mexilhão (*Mytilus galloprovincialis*), as cracas (*Chthamalus stellatus*), os caranguejos (*Carcinus maenas*) e as pulgas (*Hyale stebbingi*).

São também abundantes várias espécies de peixes, algumas com grande valor económico e que podem ser resumidamente classificadas em:

- Espécies sedentárias, com grande tolerância às mudanças de salinidade e que completam o seu ciclo de vida nos estuários e lagunas;
- Espécies migrantes, como as anfidrómicas que incluem as anádromas (do mar para a água doce para reprodução), como o sável (*Alosa alosa* e *Alosa fallax*) e a lampreia (*Petromyzon marinus*); e as catádromas (do rio para o mar para reprodução), representadas pela enguia (*Anguilla anguilla*);

- Espécies migrantes cíclicas, de origem marinha, que ocupam temporariamente os estuários e lagunas para alimentação, protecção e desova, geralmente representadas na forma juvenil, mas que dominam em biomassa durante todo o ano nos habitats marinho e de água salobra;
- Espécies marinhas visitantes ocasionais que são intolerantes às mudanças de salinidade e apenas surgem nas lagunas, ou nos estuários em anos de fraca pluviosidade;
- Espécies de água doce visitantes ocasionais que, ao contrário das anteriores, surgem nos estuários em períodos de forte precipitação e descargas das barragens.

Das espécies mais importantes para consumo humano destacam-se o ruivo (*Trigla* sp.), a solha (*Plathichthys flesus*), a sardinha (*Sardina pilchardus*), o robalo (*Dicentrarchus labrax*), a dourada (*Sparus aurata*) e o linguado (*Solea vulgaris*) que têm o período de desova no Inverno e recrutamento de novos efectivos na Primavera; enquanto o sargo (*Diplodus sargus* e *Diplodus vulgaris*) e o salmonete (*Mullus surmuletus*) recrutam os seus novos efectivos no Verão. Já os jovens alevins da tainha (*Liza aurata* e *Mugil* spp.) aparecem no Outono, disseminando-se por todas as águas de transição e afirmando-se como a espécie pelágica mais ubíqua e resistente a ambientes poluídos.

Com variações anuais significativas nos seus efectivos, provavelmente relacionadas com factores climáticos, a temperatura da água, a turbidez e a disponibilidade de alimento, temos espécies pelágicas como o carapau (*Trachurus trachurus*), ou epibênticas como o polvo (*Octopus vulgaris*), o choco (*Sepia officinalis*) e o congro (*Conger conger*) que, embora se mantenham presentes junto às margens rochosas, dão sinais de decréscimo de efectivos e das suas posturas.

Toda esta abundância e a elevada biodiversidade mostram o quão importantes são as áreas de sapal e as salinas para a produção de recursos e exportação de matéria orgânica (na forma de peixe e marisco, por exemplo), bem como a sua fragilidade quando sujeitas a impactes antrópicos. O que, de qualquer modo, não impede o sapal de exercer várias acções de depuração ambiental, seja pela absorção e fixação de metais pesados seja pela desnitrificação e orientação dos fluxos de nitrogénio para as águas costeiras, controlando, assim, respectivamente, os efeitos da bioampliação de poluentes e os processos de eutrofização. Mas isso também tem limites quando se avalia a viabilidade das cadeias tróficas e os impactes para a saúde pública que podem advir do consumo humano (Foto 3) de espécies contaminadas, uma vez que se capturam anualmente grandes quantidades de bentos nos substratos móveis em todos os estuários e lagunas, sendo o seu consumo generalizado a todo o território.



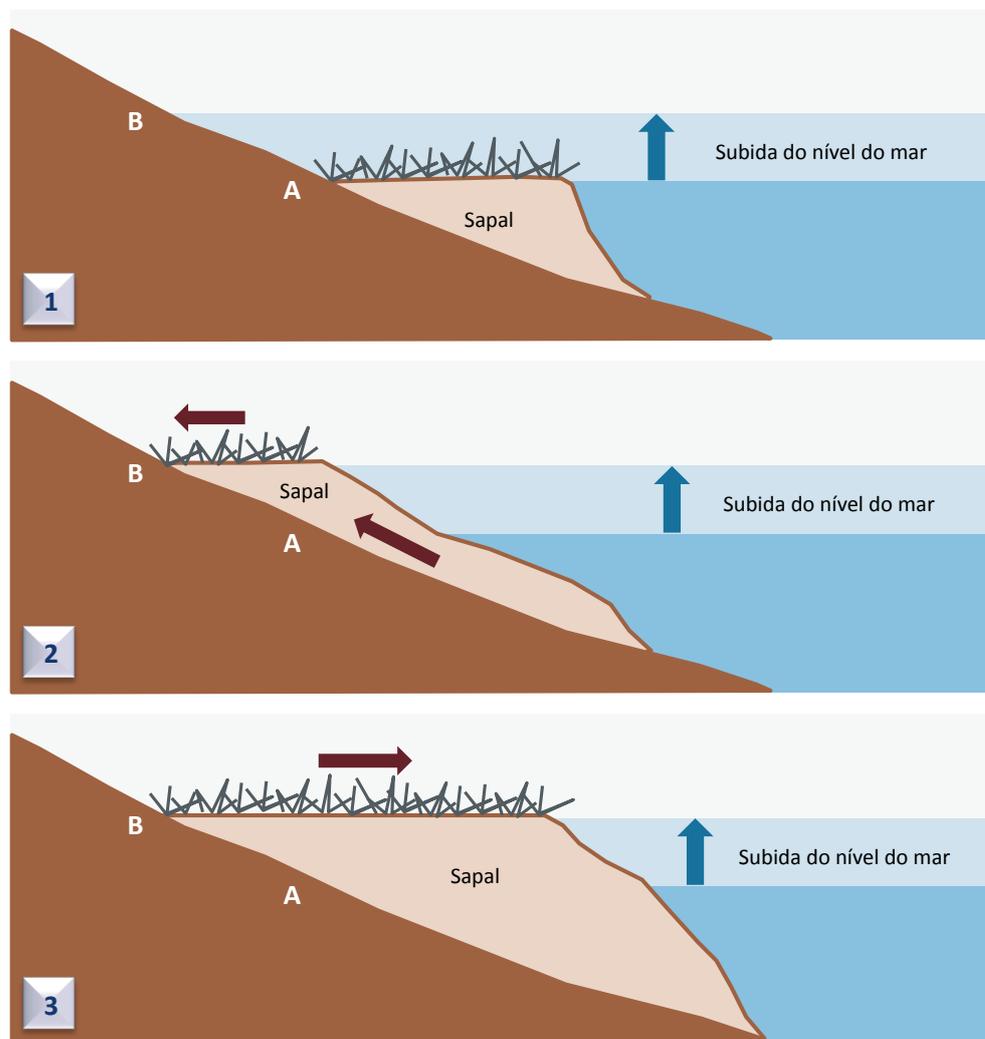
**Foto 3:** Apanha de bivalves na zona estuarina, em período de baixa-mar de marés-vivas (estuário do Mondego, em 10/07/2005).

Sobre este assunto, deve evocar-se a Directiva-Quadro da Água, no que respeita aos objectivos ambientais para as águas superficiais que são a prevenção da deterioração do estado das águas e a sua protecção, melhoria e recuperação, de modo a alcançar pelo menos o "bom estado" das massas de água, o que inclui o "bom estado ecológico" e o "bom estado químico". Nesse sentido, servem de referência as condições de uma massa de água idêntica, num estado que corresponde à presença de pressões antropogénicas pouco significativas e em que apenas ocorrem pequenas modificações físico-químicas, hidromorfológicas e biológicas.

Além disso, em termos de sustentabilidade, colocam-se outras perspectivas de risco: sendo o desenvolvimento dos ambientes das terras húmidas costeiras controlado pela mudança do balanço entre o regime mareal, o vento e a ondulação, o abastecimento sedimentar, o nível relativo do mar e a vegetação adaptada, o acréscimo do sapal pode ser "excedente" ou "vegetativo", assim consiga ele ser, respectivamente, superior ou inferior à subida do nível do mar. Mais uma vez, há forças de equilíbrio que fazem com que a sedimentação orgânica seja aumentada ao máximo com os "inputs" dos fluxos de maré, embora deva ter-se em atenção que as proporções de acreção possam ser altamente variáveis sobre as superfícies vasosas e que a subida do nível do mar também pode levar a mudanças nas margens das terras húmidas. Efectivamente, os sapais superiores correm o risco de ver destruída a sua rica flora e eles próprios desaparecerem debaixo da regressão das barreiras para montante, além do incremento dos processos de eutrofização, com a inevitável redução dos recursos aproveitáveis, concretizando-se a colmatação das áreas lodosas superiores porque estas vão ficando progressivamente afastadas do principal sistema dos canais de maré.

É um facto que a subida do nível do mar provoca erosão no sapal e, ao mesmo tempo, o alargamento da área da planície lódica, justificando assim porque tem aumentado a extensão dos estuários, enquanto se verifica o progressivo decréscimo da sua profundidade.

A este respeito, é importante reflectir sobre a capacidade de resposta dos sapais perante a realidade da subida do nível do mar (Figura 20), nomeadamente os sapais marítimos localizados nas zonas costeiras abrigadas da agitação das ondas e constituídos por vasas progressivamente colonizadas por vegetação halófila. Se a subida do nível do mar for lenta, os sapais podem adaptar-se, por sedimentação mineral e orgânica, migrando para terra sem perderem a sua extensão. É lógico que, na fase de regressão, o recuo acentuado só será possível se não houver falésias ou protecções humanas que a impossibilitem.



**Figura 20:** Resposta do sapal à subida do nível do mar (adaptado de Paskoff, 1993), em que: **1.** O sapal é submergido quando a subida do nível do mar tem uma velocidade superior à da sedimentação sobre o terreno; **2.** A resposta sedimentar permite compensar a elevação do nível do mar, de tal forma que o sapal responde e conserva a sua superfície, mas migra para o interior (retrogressão); **3.** A forte sedimentação organo-mineral sobre o sapal permite não somente compensar a subida do nível do mar, mas também aumentar a sua superfície em direcção ao mar (progradação).

A adaptação dos sapais estuarinos, de qualquer forma, terá de contar com a afirmação recente de um enorme potencial de incremento de tempestades, alta ondulação e inundações frequentes que podem causar redução drástica da área intermareal e perda de habitat associado nos estuários desenvolvidos, além da possível introdução de efeitos em cascata nos processos físicos e ecológicos.

## 5. IMPACTES ANTRÓPICOS

Em qualquer sector da zona costeira de Portugal, a presença humana, ou os resultados da sua actividade, são tão ubíquos que é muito difícil encontrar um troço em que possamos atribuir-lhe características naturais dominantes. As próprias mudanças cíclicas comandadas por sistemas globais são hoje condicionadas pela acção humana em dinâmicas que tendem a perpetuar-se irreversivelmente.

De facto, há muitos e variados tipos de impactes antrópicos que alteram as relações entre sistemas e dinâmicas naturais, alguns deles com efeitos prolongados e que se expressam acentuadamente na zona costeira:

- Perda de habitats e áreas essenciais dos ambientes estuarinos e lagunares costeiros, devido à recuperação de terras para a agricultura;
- Incremento da deposição e colmatação sedimentar pré-oceânica, devido a desflorestações das bacias hidrográficas;
- Redução da capacidade de carga, devido ao controlo e regularização de caudais fluviais e aos sistemas de barragens e comportas no conjunto das redes hidrográficas;
- Destruição de habitats ribeirinhos, devido ao aperto de leitos e à construção de estruturas e enrocamentos de protecção pesada contra a erosão;
- Artificialização do litoral pela construção de barreiras de protecção contra vagas de tempestade;
- Poluição intensa da coluna de água devido a dragagens e terraplanagens que permitem a navegação e a instalação de equipamentos portuários de apoio;
- Alterações físicas por motivos estéticos ou uso recreativo;
- Introdução de espécies exóticas, quer da flora quer da fauna, que se revelam infestantes e dominadoras;
- Sobrexploração, contaminação e retraimento das águas subterrâneas;
- Promoção da intrusão salina nos aquíferos costeiros;
- Introdução de desperdícios, derrames, lixos e outros resíduos, nutrientes e pesticidas que têm efeitos devastadores em todos os ambientes naturais, muito especialmente nos meios aquáticos de transição que funcionam como receptores terminais de poluentes;
- Alterações no traçado de canais, controlo de fluxos e constricções físicas nos sectores distais que afectam os prismas mareais, as velocidades das correntes e a localização das deposições;
- Invasão urbana, densificação de núcleos e equipamentos turísticos e degradação da paisagem litoral, chegando a destruir o cordão dunar.

No que respeita aos sectores estuarinos, os desequilíbrios hidromorfológicos têm raízes antigas em resultado de intervenções antropogénicas de há séculos (desde o início da nacionalidade) que conduziram ao assoreamento dos troços inferiores dos rios e a vários outros problemas, como a ocorrência de grandes inundações.

Depois, há todo um conjunto de impactes sobre a zona costeira, destacando-se os que se relacionam com as obras de engenharia e que assumem um peso determinante face aos problemas actuais de erosão que têm causas múltiplas e colocam em risco a estabilidade da geomorfologia costeira (Figura 21). E, por consequência, a estabilidade das numerosas comunidades que aí habitam.



## 5.1. Barragens e regularização de caudais fluviais

Subordinadas aos objectivos de controlar as cheias e produzir energia hidroeléctrica, concertaram-se estratégias para o controlo hidrológico das bacias hidrográficas, das quais sobressai a construção das barragens e açudes que retêm quantidades apreciáveis de material grosseiro (pelo menos, temporariamente), além de reduzirem a carga sedimentar em suspensão. Por outro lado, as comportas e os diques a jusante podem ter o mesmo efeito de retenção, para além de impedirem a propagação do efeito das marés para montante.

As alterações incluem a regularização de caudais, o que proporciona o aumento dos fluxos de estio e a laminação dos picos de cheia, esperando-se que este controlo funcione adequadamente na acomodação de eventos extremos, habitualmente apoiado em determinadas "válvulas" de segurança, como sejam as estações elevatórias e de enxugo, comportas intermédias, canais adutores e leitos secundários.

Muitos pensaram que estavam criadas as condições essenciais para reduzir as incidências das cheias e inundações, bem como os assoreamentos nos troços terminais, junto à foz dos principais rios com uso portuário. E daí que seja fácil promover o investimento energético em novos empreendimentos hidroeléctricos de média e grande potência em Portugal (44 novos projectos previstos para os próximos 20 anos), para os quais é necessário equacionar novos contextos relativamente aos volumes mortos para a armazenagem de sedimentos nas albufeiras durante o período de vida útil dos empreendimentos, ao mesmo tempo que têm de ser salvaguardados determinados aspectos que devem integrar os respectivos Estudos de Impacte Ambiental (EIA):

- As incidências sobre o sistema de drenagem, zonas ribeirinhas e sistemas costeiros e estuarinos;
- As emissões de resíduos ou efluentes que alteram os parâmetros de qualidade da água, do solo e do ar;
- Os factores de desequilíbrio da estrutura dos ecossistemas;
- As medidas mitigadoras das incidências negativas sobre o ambiente.

Deve ter-se especial atenção aos efeitos presentes e futuros do abandono de terrenos agrícolas e florestais, realidade que propicia a ocorrência de incêndios e o agravamento da erosão a montante, sobretudo nos períodos de drenagem torrencial, o que faz aumentar a carga sólida mineral e os restos vegetais transportados para o rio principal, havendo momentos em que as barragens e outras barreiras fluviais ficam atulhadas, pelo menos enquanto não há novos impulsos de escoamento (Foto 4).



**Foto 4:** Troço assoreado, a montante do Açude de Coimbra, no rio Mondego (7/04/2001).

Por outro lado, a regularização dos leitos fluviais empobrece os biótopos marginais, destruindo a vegetação ribeirinha que, além da função de fixação e protecção das margens, desempenha importante papel de activação biológica, de manutenção de condições naturais de infiltração e de retenção e transformação de nutrientes. Não sendo assim, os impactes ambientais da concentração de nutrientes e poluentes acabam por atingir o auge nos sectores mais protegidos e sensíveis dos estuários e das zonas costeiras, situação que é extremamente agravada com as obras de condicionamento hidráulico, porque:

- Independentemente do controlo de cheias, há um aumento significativo do consumo de água nos campos e da drenagem de efluentes agrícolas, uma vez que a agricultura de grandes extensões tem hoje disponibilidade quase ilimitada de água, ficando pouco dependente das variações sazonais da precipitação;
- Existem sistemas de comportas que separam as águas marinhas das fluviais, concentrando as cargas de nutrientes nas áreas proximais dos estuários.

Daí que as frequentes descargas estivais sejam responsáveis por acentuados distúrbios nas comunidades aquáticas dos estuários, sendo especialmente afectadas a flora e a fauna bênticas, as espécies migradoras diárias e sazonais e, de uma forma muito particular, as larvas, os alevins e os juvenis de espécies oceânicas que apenas nos ambientes costeiros protegidos têm condições de sobrevivência.

## 5.2. Obras portuárias e dragagens

Antes mesmo da realização das grandes obras hidráulicas, verificou-se o enfraquecimento da arborização nas cabeceiras superiores, em zonas de baixa permeabilidade dos terrenos, clima com carácter mediterrâneo e acentuados declives, o que provocou forte erosão e transporte de grandes quantidades de sedimentos até aos cursos inferiores, onde se verificou o enchimento dos vales sedimentares e das barras estuarinas.

Desde então, as intervenções para resolver os problemas relacionados com a navegabilidade têm sido realizadas de forma pouco integrada, por vezes em dissonância com os planos de aproveitamento de recursos hídricos. As principais obras incluem:

- Execução de terraplenos e regularização da margens, abrangendo cais comerciais, acessos viários, portos de pesca e docas de recreio;
- Realinhamentos e reforço dos enrocamentos marginais de protecção;
- Construção de esporões internos de guiamento;
- Regularização de troços de ligação aos leitos fluviais;
- Dragagem de enormes volumes de sedimentos que são usados nos terraplenos ou depositados no litoral adjacente, mas também retirados para exploração económica.

Considerando que as obras portuárias se mantêm actualmente e se projectam no futuro, devido a adaptações morfodinâmicas e estruturais, alargamento das áreas secas portuárias e dragagens permanentes em grande parte dos canais de acesso dos estuários, podem ser identificados alguns dos mais significativos impactes destas intervenções:

- Enrocamentos marginais que reduzem o prisma mareal, influenciando a qualidade da água;
- Diminuição acentuada da componente fluvial da hidrodinâmica estuarina;
- Decréscimo da velocidade das correntes de vazante e aumento da velocidade da enchente mareal, o que se traduz no incremento da onda mareal e no remontar da cunha salina;
- Ressuspensão e transporte de materiais finos das dragagens para os sectores menos dinâmicos dos estuários;
- Deterioração da qualidade da água, devido ao aumento da turbidez, dos sólidos suspensos e da libertação de contaminantes retidos nos sedimentos;
- Perda de bancos areno-lodosos intermareais e submareais (habitats incluídos no Anexo I da Directiva 92/43/EEC) e comunidades faunísticas e florísticas;
- Redução das áreas de nidificação e alimentação de aves selvagens;
- Desequilíbrio sedimentar nas barras portuárias e tendência para a colmatção dos sectores intermédios com areias marinhas;
- Decréscimo da qualidade dos sedimentos e, conseqüentemente, das comunidades bentónicas, o que tende a reduzir a produtividade global;
- Degradação da qualidade visual e paisagística por perda de superfície aquática, destruição de zonas húmidas e artificialização das margens com os elementos portuários.

De todo o conjunto de obras, são os molhes portuários as estruturas que mais profundamente interferem com as dinâmicas sedimentares costeiras. Os molhes funcionam como expressiva barreira à deriva sedimentar litoral, provocando grande acumulação de areias a barlar e recuo da linha de costa a sotamar, sendo de referir que o objectivo de diminuição da quantidade de areias nas barras está longe de ser alcançado.

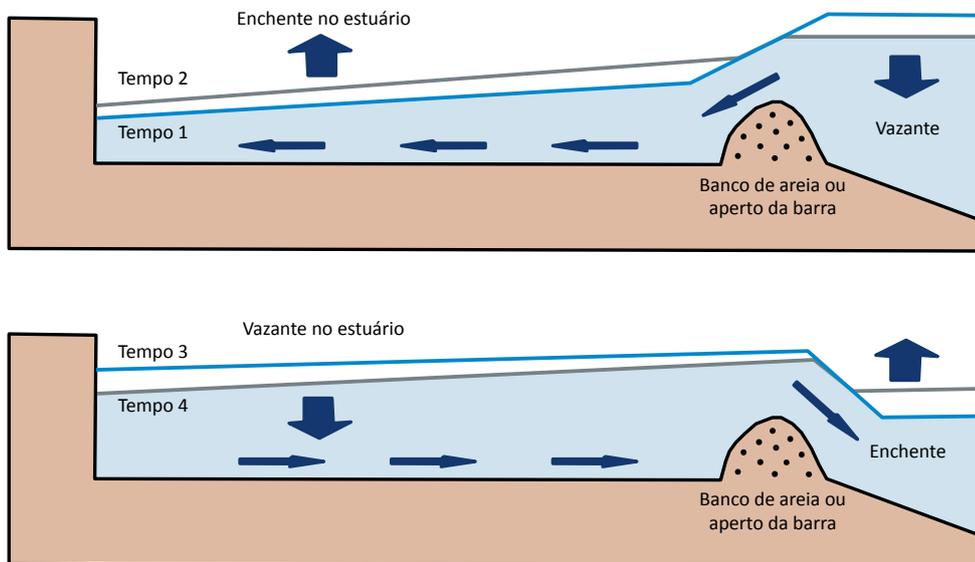
Neste caso, levanta-se de novo a questão dos impactes causados por eventos extremos e das condições que lhes são propícias. Há certos pormenores na incidência das ondas e no reforço dos fenómenos de "storm surge" que estão muito relacionados com a morfologia costeira e com dinâmicas sedimentares localizadas.

Por exemplo, durante a tempestade e mesmo após o pico do evento, a água dentro do estuário pode manter-se em movimento oscilatório e, sob certas condições de ressonância, vento forte do lado do mar e progressão da onda mareal, é possível que se criem vagas elevadas

que põem em risco de inundação as áreas costeiras junto à foz e no sector distal dos estuários. Para mais, com o estreitamento dos canais navegáveis e das barras portuárias, a tendência é para o reforço da velocidade das correntes.

Entre outros, o aprofundamento do leito por dragagem, para a manutenção de cotas de navegabilidade a calados superiores aos que naturalmente poderiam circular, induz o incremento da velocidade da enchente que adquire uma orla mais íngreme e acentua o carácter de "enchente dominante". A consequência é a introdução de maiores quantidades de sedimentos marinhos que vão enchendo os sectores intermédios e proximais dos estuários.

Por outro lado, a configuração da barra e o seu estreitamento causam o aumento da quantidade de água por unidade de comprimento da frente da onda mareal, o que pode gerar correntes hidráulicas pela subida da água na foz. Essa ascensão da água é reforçada quando existem bancos arenosos aí localizados (Figura 22).



**Figura 22:** Esboço da evolução das correntes hidráulicas criadas pela subida da água na barra mareal (Adaptado de Pinet, 2000).

Em condições adequadas, a água sobe na enchente e fica mais alta no exterior da barra, formando um declive e um gradiente de pressão que fazem com que a corrente acelere e tenha maior capacidade de transporte sedimentar para dentro do estuário. É claro que na vazante ocorre o inverso (embora com menos velocidade).

Nessas circunstâncias, as marés ficam desencontradas e há períodos em que as marés no oceano, reguladas pelo sistema anfidrómico, evoluem no sentido contrário do das marés no estuário que são reguladas pelas forças hidráulicas. Isto propicia a sobrelevação do nível das águas e o reforço do poder de ataque das ondas em situação de tempestade, sendo esse, certamente, um dos componentes a ter em conta nos momentos de risco, embora não chegue a atingir as dimensões designadas de "tempestades mareais", visto que essas têm expressão sobretudo nas barras macromareais.

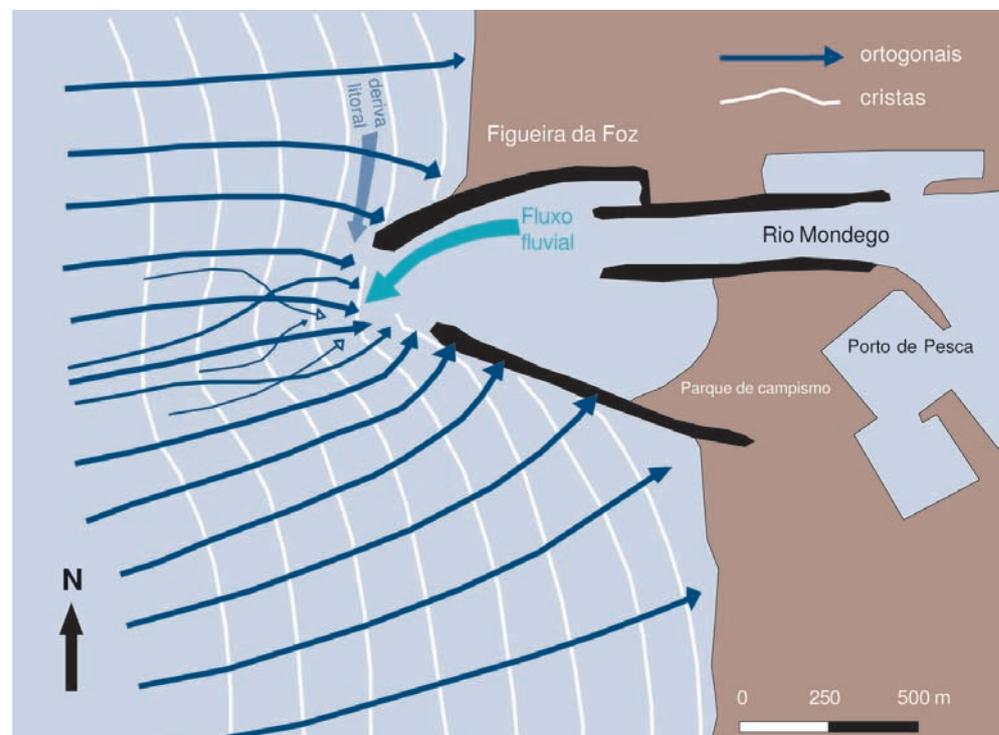
Estes processos estão também muito dependentes da morfologia da plataforma continental adjacente, sabendo que o litoral português se projecta normalmente em suave perfil de fundo arenoso até à batimétrica de 30m. É natural, pois, que, existindo bancos arenosos próximos dos molhes portuários, baixe a profundidade e as ondas oceânicas diminuam de velocidade e aumentem de altura, até que atingem a inclinação crítica que conduz à rebentação. Esta, como vimos, ocorre quando a relação entre a altura e o comprimento da onda atinge um valor próximo de  $1/7$ . Mas há ainda outros factores envolvidos.

Ao mesmo tempo que as ondas progridem em direcção à costa, desenvolve-se uma série de processos hidráulicos específicos que estão relacionados com a direcção da ondulação, o escoamento fluvial, a deriva litoral e algumas formas costeiras que, em conjunto, provocam desvios e o reforço da altura das ondas.

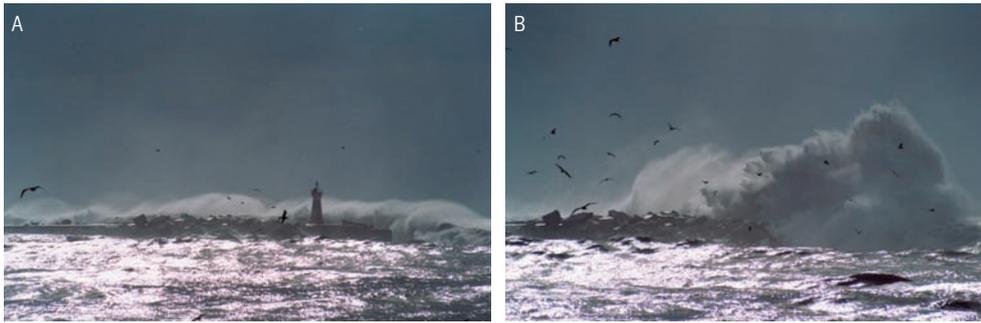
São as influências locais que alteram, por vezes de forma drástica, as condições gerais definidas para o litoral e referem-se sobretudo à refacção, à difracção e à fricção em baixios e afloramentos rochosos, além das inflexões morfológicas do litoral.

De facto, junto à boca dos estuários (exemplo na Figura 23 e nas Fotos 5A e 5B) há momentos críticos de tempestade, com "storm surge" e elevado escoamento fluvial, que podem complicar as alturas e os ângulos de incidência e de rebentação, uma vez que:

- Os molhes portuários, por si só, provocam refacção e difracção das ondas, pois funcionam sempre como pólos de concentração da energia incidente;
- O forte escoamento fluvial reforça e antecipa esse efeito, criando também alguma difracção mais ou menos caótica.



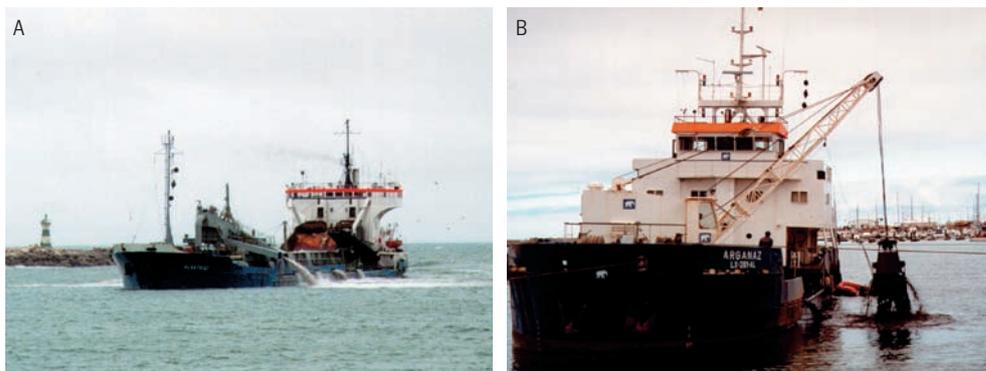
**Figura 23:** Esboço das forças e estruturas envolvidas nos processos de refacção e difracção das ondas junto aos molhes portuários da barra do Mondego (Ribeiro, 2006).



**Fotos 5A e 5B:** Agitação marítima de tempestade e efeito da refração e da difração das ondas na cabeça do molhe portuário sul da barra do Mondego (7/11/2003).

Além do que foi exposto, as áreas portuárias põem em causa a sustentabilidade dos ecossistemas costeiros, não só pelas condicionantes hidrodinâmicas, mas, também, pelos efeitos das dragagens e da poluição directa das embarcações e dos estaleiros de reparação naval que introduzem poluentes perigosos, especialmente para as espécies bênticas que fazem parte da dieta alimentar humana. Apenas a título de exemplo, verifica-se a redução acentuada de crustáceos necrófagos (e.g., *Carcinus maenas* e *Crangon crangon*) em vários sectores das águas de transição, o que faz diminuir os processos de reciclagem e acentua o défice de qualidade da água.

Seja como for, as alterações mais profundas da qualidade da água estuarina ocorrem com as dragagens, uma vez que a remoção de sedimentos altera drasticamente os padrões físico-químicos da água: temperatura, oxigénio dissolvido, pH, nitratos, nitritos, fosfatos e muitas substâncias poluentes que incluem PCBs, dioxinas, metais pesados e pesticidas integrados nos sedimentos. Assim, a acção mecânica da dragagem levanta de imediato plumas de finos (Fotos 6A e 6B) que interferem com a fotossíntese do fitoplâncton, bloqueiam os órgãos filtradores dos organismos e sufocam muitas populações bênticas e pelágicas que podem ser extintas com a continuidade das operações, visto que os intervalos entre dragagens, na maioria dos casos, não estão a permitir a recuperação da macrofauna. Simultaneamente, vários invertebrados e espécies mais resistentes sobrevivem e acabam concentrando os poluentes por bioacumulação e bioampliação, podendo ocorrer o mesmo nas zonas de descarga do litoral que, apesar da maior batimetria, sofrem extermínio por enterramento e sufocamento, disseminando os efeitos dos poluentes nas comunidades marinhas da plataforma.



**Fotos 6A e 6B:** Actividade de dragagem: **A** - Draga por sucção, usada na remoção de areia e areia lodosa dos leitos navegáveis junto ao talvegue; **B** – Draga mecânica (grua) para retirar blocos de rocha e outro material grosseiro.

As dragagens e o tratamento dado aos produtos dragados na área de jurisdição dos portos devem respeitar as disposições das convenções de Oslo, de Paris e de Londres, relativamente aos cuidadosos procedimentos para a eliminação de produtos dragados, nomeadamente a diminuição progressiva de contaminantes e sedimentos finos em suspensão nas águas estuarinas. Em muitos casos, verifica-se que a situação tem vindo a agravar-se devido às alterações hidrodinâmicas introduzidas com as obras de regularização, as quais impõem dragagens permanentes, aumentando o número de operações e as quantidades absolutas de dragados.

Pode dizer-se que a situação actual é globalmente grave e mantêm-se as preocupações expressas do Ministério do Equipamento, do Planeamento e da Administração do Território (MEPAT) que, em 1997, referiu o assunto na publicação do "Livro Branco da Política Marítimo-Portuária Rumo ao Século XXI". Este documento reconhece que há aspectos técnicos pouco adequados e com definição insuficiente, como sejam:

1. Não distinção entre dragagens de primeiro estabelecimento e dragagens de manutenção. Ou seja, entre outros, não há registo do tipo de sedimentos que estão a ser dragados, da sua origem e perigosidade.
2. Não definição dos procedimentos técnicos de amostragem. Não há, portanto, quaisquer cuidados na remoção de sedimentos poluídos e contaminados.
3. Incoerência no que diz respeito aos parâmetros para a caracterização dos sedimentos.
4. Não especificação dos isómeros de PCBs nem da lista de compostos do grupo PAH, incluindo metais pesados não referidos na Convenção de Oslo.
5. Não definição do critério a adoptar para a aplicação da classificação dos materiais dragados. Esta indefinição permite ignorar as diferentes composições e despejar os dragados indiscriminadamente em qualquer local.
6. Apesar de serem estabelecidas classes de sedimentos (4 e 5) com elevado grau de contaminação, que impede a sua imersão em meio aquático, não estão definidos os procedimentos e criadas as alternativas para estes casos.
7. Não está definida a monitorização das "zonas de depósito" de sedimentos, os procedimentos a adoptar e de quem é a responsabilidade de custear a execução e o acompanhamento.

Há evidências que as alterações hidráulicas produzidas pelas obras de regularização e também pelas dragagens nas zonas de transição promovem a propagação da maré e da influência salina para montante. Acrescente-se que esse processo intensifica a remobilização de sedimentos finos e que estes transportam cargas crescentes de poluentes químicos e orgânicos, uma vez que as argilas funcionam como agregantes dos poluentes em suspensão nas águas, levando-os para as zonas mais calmas de ressedimentação, localizadas a montante.

Tais processos de transferência de sedimentos para montante são agravados pelas dragagens de sucção, não apenas porque têm maior capacidade volumétrica e causam mais distúrbio na coluna de água, mas também porque a mesma se processa normalmente em período de enchente mareal, propiciando a penetração de extensas plumas de turbidez, sobretudo nas massas de água mais calmas, ou seja, precisamente nas que ainda possuem biótopos de grande importância ecológica (sapais, salinas) e onde se localizam os bancos de bivalves selvagens e a maioria dos esteiros de captação de água para as marinhas de sal e de peixe, tendo por isso um profundo impacto socioeconómico.

Mas, por vezes, os impactos destas intervenções prolongam-se no aproveitamento de uma parte dos sedimentos dragados, quando se procede à sua lavagem intensiva com o objectivo de preparar as areias para o sector da construção civil e obras públicas. Com esta actividade, são introduzidos anualmente muitos  $\text{hm}^3$  de água poluída e contaminada nos sistemas costeiros, onde, além do efeito directo dos sólidos suspensos e da turbidez associada, a qualidade da água diminui pela elevada concentração de compostos dissolvidos que afectam todas as espécies, seja por filtração, osmose ou na respiração.

### **5.3. Ocupação e protecção costeira**

Apesar da legislação protectora e restritiva do DPM, dos POOC, da REN e dos próprios PDM, a faixa costeira funciona como um poderoso "ímã" de atracção irresistível para todos os que desejam possuir um espaço único da paisagem marítima.

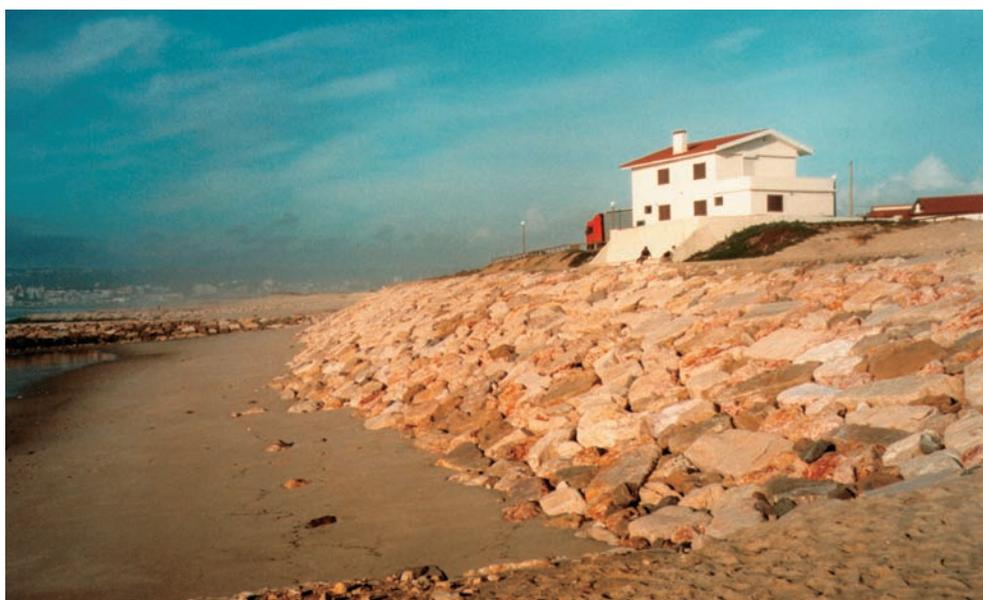
Contando com isso, as empresas imobiliárias instalam-se, delimitam terrenos, esboçam lotes e volumetrias que possam realizar o sonho do pedaço de mar, conseguindo a desregulamentação de sucessivas parcelas da faixa costeira, o alargamento da mancha urbana por necessidades sociais e turísticas, a instalação de equipamentos e serviços imprescindíveis e a abertura de vias de comunicação e parques de estacionamento que, por si só, valorizam o preço do solo e incentivam novas construções.

Em situação crítica estão povoações, loteamentos turísticos, habitações isoladas e outras estruturas que foram ocupando e densificando as áreas elevadas mais próximas do mar (Foto 7), supostamente em terreno firme e a salvo de galgamentos, mas que criaram a impermeabilização de linhas de água e de superfícies de máxima infiltração, por vezes com problemas geotécnicos profundos, próximo de vertentes em risco de deslizamento e outros movimentos de massa, dos quais não há ainda uma avaliação real, mas certamente com maior exposição à catástrofe na ocorrência de um evento sísmico.



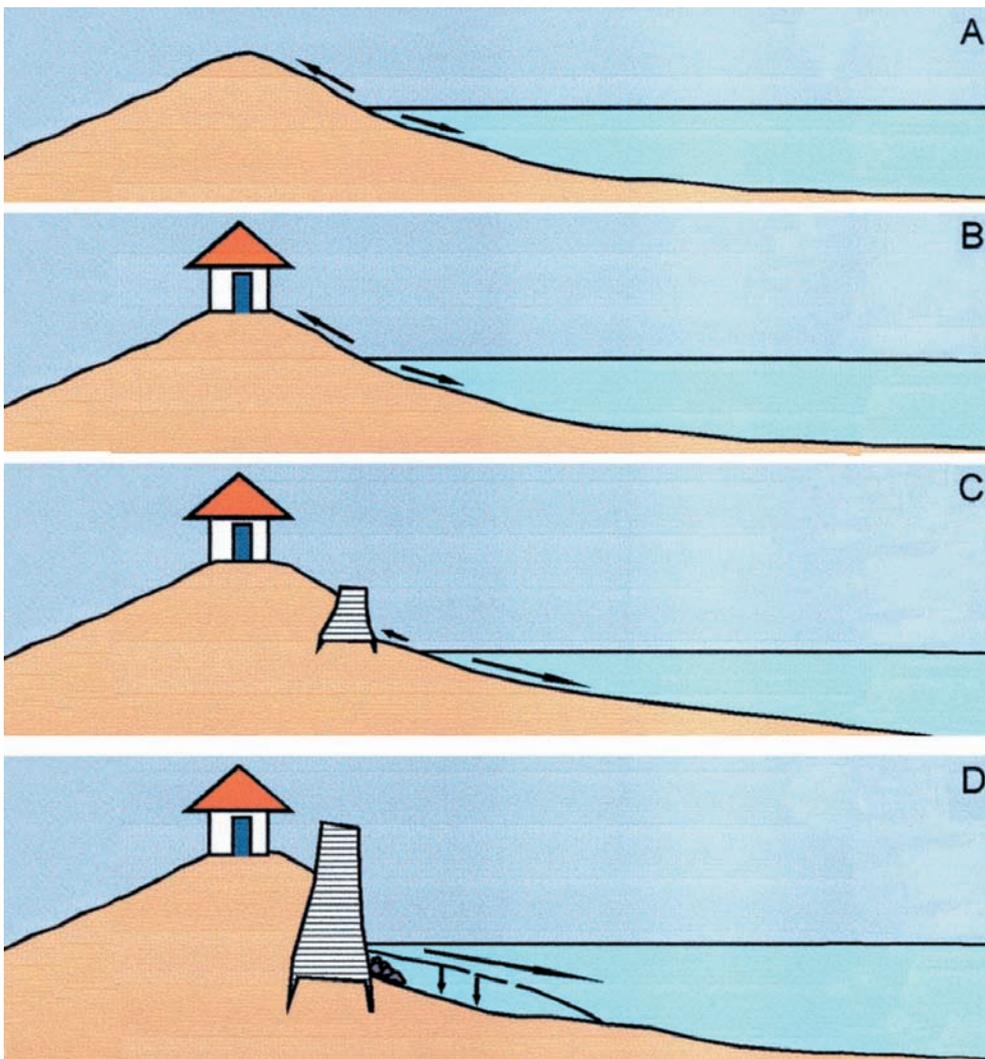
**Foto 7:** Praia e frente marítima da povoação do Carvoeiro, Algarve.

Aumenta a pressão urbana sobre as praias e os desequilíbrios morfológicos que enfraquecem as estruturas costeiras, sobretudo nos momentos críticos dos eventos extremos. E a resposta às crescentes tensões destrutivas tem sido, invariavelmente, a de avançar com mais obras de protecção que têm o efeito de incentivar o avanço da malha urbana, incluindo construções clandestinas e/ou mal licenciadas (Foto 8) que vão ocupando as dunas, as praias e as arribas de forma anárquica, destruindo a vegetação litoral e criando alterações estruturais e paisagísticas muito negativas.



**Foto 8:** As construções nas frentes marítimas do DPM têm levado a aumentar o investimento público no reforço da protecção costeira (esporões e muros marítimos), enquanto a área de praia vai desaparecendo (neste caso, na Cova-Gala).

Os impactes são profundos, sobretudo nos sistemas móveis como as dunas costeiras que desempenham um papel essencial, não apenas como reserva de areia, mas também como "pára-choques" contra a força das ondas. Além disso, regista-se que o encurtamento da largura da praia, introduzido pelas estruturas antrópicas de protecção, diminui a protecção contra a energia das vagas, de tal modo que a progressiva elevação e reforço dos muros de protecção têm o duplo efeito de reflectir e de reforçar o poder da ondulação, favorecendo o arrastamento da areia para a parte baixa da praia, alterando os perfis de praia de "dissipativos" para "reflexivos", até ao ponto em que a praia pode desaparecer por completo (Figura 24).



**Figura 24:** Efeitos de uma construção à beira-mar sobre a conservação da praia: **A** – Praia em equilíbrio dinâmico; **B** – Construção de imóvel sobre a retaguarda da praia; **C** – Construção de muro marítimo para protecção contra vagas de tempestade; **D** – O poder reflexivo das ondas obriga a reforçar o muro, aumentando a energia de refluxo e levando à perda de grande parte da área de praia (adaptado de Paskoff, 1985).

Note-se que os muros marítimos são sujeitos a níveis tão elevados de energia que incrementam a turbulência da água em frente da barreira, o que promove o encurtamento da praia e o aprofundamento do litoral próximo. Consequentemente, certas ondas de tempestade que normalmente colapsam ao largo, atingem a praia com mais intensidade, escavam e enfraquecem os muros de protecção. Ou seja, num primeiro tempo ocorre o recuo da praia por processo de "degradação passiva"; e, depois, verifica-se que o estreitamento da zona de rebentação provoca a "degradação activa" das praias e das estruturas de protecção (Foto 9).



**Foto 9:** Poder destruidor das vagas sobre muro de protecção na marginal oceânica da Figueira da Foz (12/10/1996).

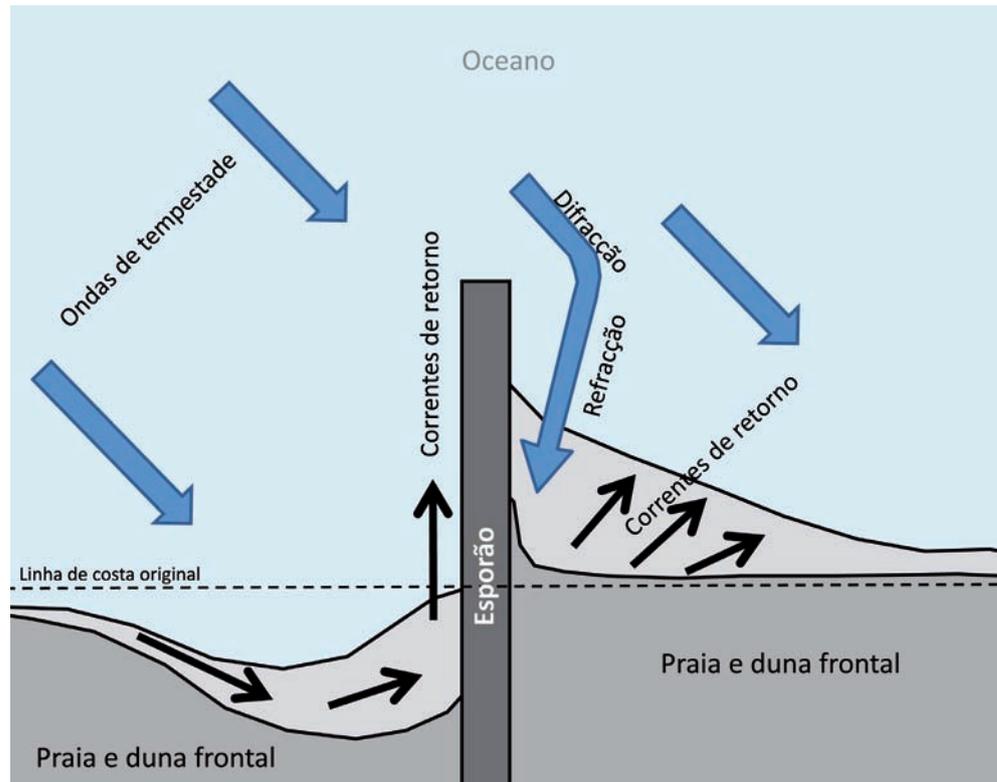
Por outro lado, a exposição das praias nos sectores a barlar e a sotamar de esporões transversais é diversa, pois os molhes e os esporões transversais retêm grandes quantidades de sedimentos da deriva e, assim, enquanto a barlar há acumulação de areias, os sectores a sotamar experimentam episódios mais violentos de erosão. Daí a protecção complementar que é feita a sotamar destes esporões com enrocamentos aderentes à margem costeira (Foto 10).



**Foto 10:** Esporão transversal para retenção de areia a barlar na frente da povoação da Costa de Lavos. A erosão a sotamar e a expansão urbana levou à construção de muro frontal de protecção da estreita frente dunar, com forte efeito destrutivo da praia.

A construção de esporões e dos aderentes contíguos constitui uma tentativa de controlar o recuo da costa. Depois de uma fase de falsa "sensação" de segurança, em que se procede à expansão das zonas edificadas, verifica-se a extrema vulnerabilidade à erosão e a insustentabilidade do esforço financeiro público para garantir a artificialização da frente costeira que acaba conduzindo ao progressivo emagrecimento das praias. E sendo isso verdade, também o é que, após um certo período de défice sedimentar, verifica-se a saturação a barlar das estruturas de retenção e o equilíbrio tende a ser restabelecido. Em todo o caso, o Regime de Utilização dos Recursos Hídricos (Decreto-Lei nº 226-A/2007) explicita, no seu artigo 62º que a realização de construções no Domínio Público Hídrico só é eventualmente permitida desde que as mesmas não afectem os ecossistemas, nomeadamente as zonas húmidas e sistemas dunares, a flora e a fauna das zonas costeiras, bem como a estabilidade e o equilíbrio dos sistemas costeiros.

Além do mais, outro dos efeitos negativos dos esporões é que originam correntes de fundo e a formação de vórtices nas suas extremidades, tendendo a deflectir as correntes longilitorais que, sob determinadas condições de agitação marítima, se transformam em vigorosos fluxos de arrastamento de sedimentos para o litoral ("rip currents"), até profundidades em que pode ser mais difícil mobilizá-los de novo pelos movimentos da ondulação, principalmente em sectores de acentuado declive do litoral próximo. Por outro lado, a prevalência de forte ondulação em sentido contrário ao da deriva litoral, provoca também erosão no lado das praias normalmente consolidadas pelos esporões (Figura 25).



**Figura 25:** Ondulação incidente num esporão transversal em condições de tempestade de inverno (com "storm surge"). O embate das ondas a sotamar da estrutura, relativamente à ondulação e à deriva dominantes, provoca duas formas essenciais de erosão na praia e na duna frontal.

Em períodos mais alargados de ondulação de tempestade, com sobrelevação do nível do mar associada, interrompe-se a corrente de deriva dominante e a base do esporão a barlamar pode sofrer fortes impactos erosivos devido à força das vagas e das marés, desviadas por difracção e refacção que induzem a formação de correntes de retorno, as quais emagrecem a praia e enfraquecem a base do cordão dunar longitudinal (Fotos 11A e 11B).



**Fotos 11A e 11B:** Impacto de um período de ondulação de SW sobre a face norte de um esporão e a zona contígua de praia e duna frontal da região centro oeste portuguesa (Cova-Gala, em 27/03/2010).

Provavelmente, a presença de múltiplas estruturas de protecção costeira vai complicar as respostas das costas arenosas a uma subida do nível do mar e, mais ainda, à instabilidade climática crescente. Independentemente de ser necessário analisar o problema em escalas e posições territoriais diversas, a convicção geral é que alguns sectores das praias protegidas serão muito vulneráveis, devido à intensificação das correntes em frente dos muros marítimos, ao aumento da frequência de eventos extremos e, também, à probabilidade de haver períodos em que ocorrem graves danos nas estruturas de protecção.

#### 5.4. Resíduos, efluentes e qualidade da água

Do ponto de vista biogeográfico, da interacção dinâmica entre os sistemas biológicos e o meio ambiente e paisagístico de suporte, múltiplos sectores da zona costeira vêm evoluindo num sentido que pode culminar no colapso funcional, tal o nível de transformação de usos do solo, de exploração dos recursos e de poluição a que são sujeitos.

As águas litorais e de transição, ricas em espécies de consumo humano, são actualmente um composto de produtos orgânicos, fertilizantes e pesticidas agrícolas, metais pesados, fármacos, hidrocarbonetos e muitos outros poluentes de primeira e segunda gerações.

Por exemplo, ainda que a maioria dos metais exista na natureza e seja vital para os processos biológicos dos organismos marinhos, incluindo a fotossíntese e o metabolismo celular, em doses elevadas os designados metais pesados revelam-se extremamente tóxicos, acumulando-se nas células e danificando os órgãos vitais dos organismos superiores.

O problema reside no facto de os metais pesados resistirem à biodegradação. Os micróbios não conseguem decompô-los em compostos simples e, por isso, ficam no ambiente por muito tempo.

Um dos mais perigosos metais nas zonas húmidas costeiras e do litoral próximo é o mercúrio (Hg), particularmente na forma de mercúrio metílico ( $\text{CH}_3 \text{Hg}^+$ ) que afecta o sistema nervoso central. No litoral, o mercúrio provém de actividades humanas, sendo um produto das indústrias de celulose, de cloro, de algicidas para os cascos dos barcos e um ingrediente químico de pesticidas e outros produtos fitofarmacêuticos. Devido à sua propensão para integrar compostos orgânicos estáveis, o mercúrio é bioacumulado e bioampliado em tais proporções nas cadeias alimentares que pode revelar-se catastrófico.

Também há problemas com as concentrações de outros elementos indicadores, como elementos principais (Al, Si, Ca, Mg, Fe), secundários (Mn) e microelementos (Zn, Pb, Cr, Cu, Ag, Cd), além de organoclorados (PCBs e DDT). Verifica-se actualmente que a descrição histórica da contaminação de uma área é cada vez mais difícil de distinguir, uma vez que os distúrbios provocados pelas obras portuárias e dragagens levam a ressuspensões, formação de novas partículas e mudanças pós-deposicionais que também justificam os elevados valores de Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Cr, PCB e DDT que se encontram nas áreas lodosas dos sectores proximais e nos sedimentos fluviais.

Constata-se que as maiores fontes de metais pesados para o meio aquático se situam nas margens da rede hidrográfica e nas imediações dos estuários, onde pontificam

as indústrias têxtil, cerâmicas, tintas, plásticos, revestimentos metálicos, metalurgia e fundições, estaleiros navais, vidreiras, efluentes urbanos e agrícolas e proximidade de celuloses que são responsáveis por elevadas concentrações de metais pesados nos sedimentos. Estes, dependendo das condições ambientais, podem funcionar como depósitos ou como fonte de poluentes para o meio aquático por processos químicos e biológicos.

Nas zonas húmidas costeiras verifica-se o incremento do saturnismo, doença resultante do envenenamento por chumbo que se concentra facilmente no biota marinho. Quase todo o tipo de contaminantes pode ser medido através dos moluscos bivalves que são espécies sedentárias e com reduzida mobilidade, nas quais é possível verificar que, para além dos metais pesados, os organismos estão contaminados com muitos outros produtos, como o Arsénico (As) que entra nos meios aquáticos devido à queima de combustíveis fósseis, à fundição de minerais, ao uso de pesticidas, às águas residuais de fundição de metais e a uma grande variedade de fontes industriais e domésticas.

O DDT, por exemplo, foi utilizado intensivamente nos países desenvolvidos até aos anos 70 e continua hoje a ser aplicado nos países mais pobres, com o mesmo objectivo de combater as pragas da agricultura e das florestas. Aplicado por via aérea, apenas cerca de 50% do DDT cai no solo, enquanto os restantes 50% permanecem na atmosfera como um aerossol, sendo transportados a grandes distâncias pelo vento e espalhando-se por todo o globo. Geralmente, deposita-se nos sedimentos finos e os estuários e oceanos são os principais acumuladores de DDT, após a lavagem dos campos e o transporte fluvial.

Por seu lado, os PCBs são usados desde 1944 na manufactura de equipamento eléctrico, tintas, vernizes, plásticos, adesivos e muitos outros produtos. Como grupo, integram mais de duzentos compostos químicos, todos altamente tóxicos, devendo salientar-se que um dos principais processos de espalhar os PCBs tem sido a incineração de produtos rejeitados, promovendo a sua integração nas correntes atmosféricas.

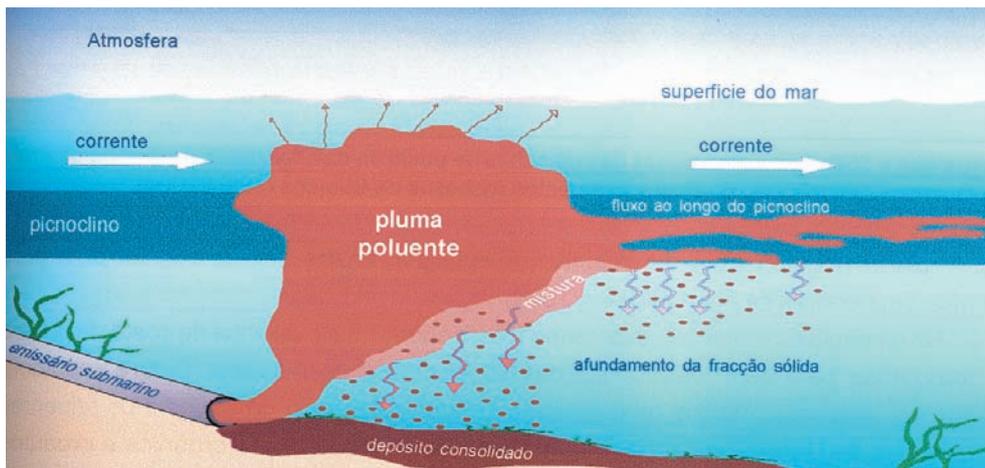
Apesar de haver países que acabaram com a produção de DDT e PCBs, o problema vai persistir por muitos anos, sobretudo nas áreas vasosas que são as que mais propiciam a sua concentração. De facto, os organoclorados são primeiro absorvidos pelo plâncton e, depois, integram a gordura de todos os animais (são lipossolúveis), tornando-se um sério risco para a saúde humana. Por exemplo, encontraram-se mexilhões que concentraram, por bioampliação, DDT e PCBs por um factor acima de 690.000 vezes as quantidades medidas na água envolvente e, por isso, em vários estuários dos EUA, incluindo o de Nova Iorque, foi proibida a apanha de bivalves e muitas espécies de peixes devido à contaminação excessiva da água e dos sedimentos com PCBs.

Este é, pois, um problema mais grave do que a poluição pelos hidrocarbonetos do petróleo. A qual também ocorre na costa portuguesa, normalmente quando os navios petroleiros procedem à lavagem dos tanques no mar próximo e as manchas de crude atingem as praias em pedaços de média e reduzida dimensões.

Várias são as origens de contaminação com impactes ambientais potencialmente graves. Por exemplo, ainda pouco monitorizados são os efluentes e outros resíduos hospitalares, incluindo os produtos resultantes da sua incineração, sejam os componentes orgânicos

ou inorgânicos. Especialmente gravosos são os depósitos de medicamentos e a inclusão de resíduos contaminados nos efluentes urbanos que, assim, promovem a disseminação de certas patogenicias.

Face à crescente consciencialização da sociedade para os problemas ambientais, que mais não seja por preocupações paisagísticas, surgiu uma solução aparentemente eficaz para esconder os impactes visuais dos efluentes mais contestados. Este método, designado de "emissário submarino", serve para drenar os efluentes das indústrias mais poluentes, retirando-os das praias e enviando-os para o fundo do mar, onde se verificaria uma maior capacidade de diluição. Mas, na verdade incrementa-se a persistência da poluição, tornando mais difícil combater os seus efeitos porque as correntes, as ondas e as marés não dispersam os poluentes com a amplitude suficiente, antes de mais porque as cotas de descarga estão normalmente abaixo da influência da maioria das ondas de superfície (cotas inferiores a -10 m). Ou seja, aumenta a concentração de poluentes (Figura 26), a sua incorporação nos sedimentos, a asfixia da flora e da fauna locais e o progressivo alastramento, uma vez que também é dificultada a oxidação da matéria orgânica incorporada, devido à menor hidrodinâmica.



**Figura 26:** Consequências das descargas de efluentes através de emissários submarinos (adaptado do Relatório "Wastes in marine environments", U. S. Congress, 1987).

Além disso, as temperaturas elevadas do efluente também proporcionam a ascensão da pluma de poluição, dispersando-a horizontalmente pelas correntes através do picnoclino. Sob condições atmosféricas de tempestade, normalmente com fortes ventos de W-SW, a pluma atinge sectores costeiros mais afastados, penetrando nas enseadas e nos estuários (Foto 12).



**Foto 12:** Em condições de maior agitação marítima, verifica-se a ressuspensão das plumas que, por vezes, atingem áreas estuarinas e praias distantes (estuário do Mondego, em 22/05/2002).

Simultaneamente, a componente mais leve dessa pluma incorpora-se na microcamada superficial de Neuston, o que é susceptível de reduzir a transferência de oxigénio do ar para os níveis superiores da água.

Quando os emissários submarinos incluem efluentes industriais, lixiviados de aterros sanitários e efluentes domésticos que expõem no mar uma mistura de matéria orgânica e produtos químicos com fortes ligações e agregações, vão fazer sentir os seus efeitos sobre células, organismos, populações e comunidades marinhas, estuarinas e terrestres (Quadro II).

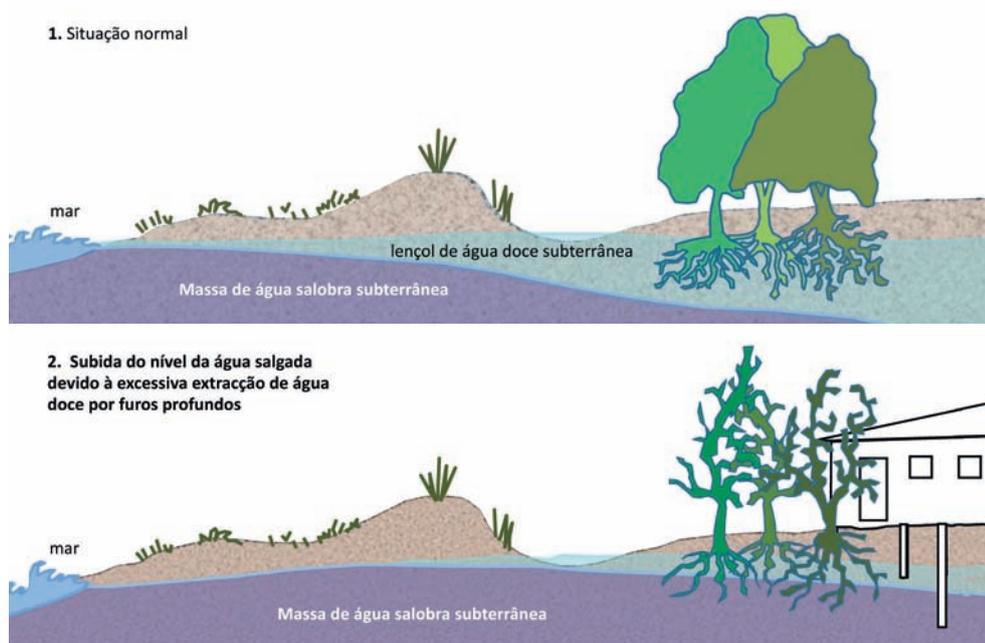
**Quadro II:** Respostas aos contaminantes químicos e bioquímicos (adaptado de McDowell, 1993).

<b>Nível</b>	<b>Respostas</b>
Célula	Intoxicação (envenenamento), danos metabólicos e celulares, bem como mecanismos de desintoxicação.
Organismo	Mudanças fisiológicas e comportamentais, susceptibilidade à doença, redução da capacidade reprodutiva, decréscimo de larvas viáveis, reajustamento funcional.
População	Mudanças na idade, tamanho, recrutamento, mortalidade e biomassa. Ajustamento da reprodução.
Comunidade	Mudanças na abundância e distribuição de espécies e na biomassa. Alteração das interações tróficas. Adaptação do ecossistema.

Sabemos, então, que os metais pesados e os biocidas têm uma especial propensão para se concentrarem nas zonas calmas de sedimentos finos, normalmente ricos em matéria orgânica. E que os organismos vivos, principalmente os sedentários, bioacumulam e bioampliam esses poluentes em proporções que podem ser extremamente perigosas. Daí a importância de cumprir, entre outros, o estipulado pelos artigos 51º e 60º do Regime de Utilização dos Recursos Hídricos (Decreto-Lei nº 22-A/2007), no que concerne, respectivamente, aos valores limite das emissões nas águas residuais e às condições exigidas para a imersão de resíduos.

A verdade é que a zona costeira é directamente afectada por inúmeras descargas de superfície de efluentes urbanos e industriais, contendo resíduos orgânicos misturados com detergentes que aumentam as cargas de nutrientes no meio aquático e a CBO (carência bioquímica de oxigénio), com grande desenvolvimento de algas e criação de ambientes eutrofizados.

Relacionado com as actividades industriais e urbanas, temos também a proliferação de depósitos, lixeiras e aterros de resíduos sólidos sobre áreas muito sensíveis das zonas costeiras e húmidas, grande parte deles em locais que não oferecem o mínimo de condições de acondicionamento, contaminando, assim, os níveis freáticos superficiais e os aquíferos de permeabilidade média a elevada. De facto, estes poluentes afectam sobremaneira as águas subterrâneas, dada a regularidade nas recargas de superfície e porque, nos períodos secos, aumenta significativamente a exploração dos aquíferos costeiros e a infiltração de poluentes. Além disso, nas zonas turísticas balneares que registam aumentos significativos da população no verão, esse uso excessivo das águas subterrâneas está associado à intrusão salina nos aquíferos e consequente afectação dos solos e ecossistemas, bem como a disponibilidade de água potável (Figura 27).



**Figura 27:** Efeitos da pressão humana sobre o litoral pela intensificação da extracção de água doce subterrânea (adaptado de GFANC, 1997).

Para além de todos os impactes urbanos e industriais focados, deve ter-se presente que as actividades agrícolas e agro-pecuárias representam a principal utilização da água e são responsáveis pela disseminação global de muitos dos mais perigosos elementos e compostos, quer para o meio ambiente quer para a saúde pública. Antes de mais, porque a intensificação das produções implicou a sobrecarga de nutrientes e fitofármacos que se misturam e dissolvem nas águas de infiltração e de escoamento fluvial.

Apesar da eficácia demonstrada por desnitrificadores estuarinos (e.g., *Spartina maritima*), o azoto na forma de adubos agrícolas atinge níveis que podem tornar-se perigosos para o consumo humano. E a esses juntam-se as inúmeras descargas de águas residuais de agropecuárias e suiniculturas intensivas.

Assim, a elevada quantidade de matéria orgânica e de fertilizantes surge actualmente como a principal força transformadora de todos os ecossistemas costeiros, sendo a expressão máxima destas influências os processos de eutrofização: crescimento extremo de fitoplâncton, algas e macrófitas, seguido de grande consumo de oxigénio, aumento da turbidez, morte de plantas e animais, decomposição orgânica e situações de anoxia que levam à morte e fuga de muitas espécies pelágicas e à degradação continuada da qualidade da água.

Todos estes impactes são integrados no "estado químico" e no "estado ecológico" (Quadro III) das massas de água, definidos na DQA e que servem como referências para a sua classificação.

**Quadro III:** Definições normativas para as classificações do "Estado Ecológico" das massas de água, de acordo com a DQA (ARH Centro, 2009).

<b>Estado Ecológico</b>	<b>Efeitos da actividade humana</b>	<b>Definição Geral</b>
Excelente	Mínimos	Os valores dos elementos de qualidade biológica específicos do tipo de massas de águas superficiais reflectem os valores normalmente associados a esse tipo de massas de água em condições não perturbadas. Não existem alterações antropogénicas dos valores dos elementos físico-químicos e hidromorfológicos relativamente aos valores normalmente associados a esse tipo de massas de água em condições não perturbadas.
Bom	Ligeiros	Os valores dos elementos de qualidade biológica específicos do tipo de massas de águas superficiais diferem ligeiramente dos valores normalmente associados a esse tipo de massas de água em condições não perturbadas.

Razoável	Moderados	Os valores dos elementos de qualidade biológica específicos do tipo de massas de águas superficiais diferem moderadamente dos valores normalmente associados a esse tipo de massas de água em condições não perturbadas.
Medíocre	Consideráveis	Os valores dos elementos de qualidade biológica específicos do tipo de massas de águas superficiais apresentam alterações consideráveis relativamente aos valores normalmente associados a esse tipo de massas de água em condições não perturbadas.
Mau	Graves	Os valores dos elementos de qualidade biológica específicos do tipo de massas de águas superficiais apresentam alterações graves relativamente aos valores normalmente associados a esse tipo de massas de água e uma grande porção das comunidades biológicas relevantes e normalmente associadas a esse tipo de massas de água em condições não perturbadas está ausente.

Em íntima relação de interdependência com o estado das massas de água, mas com significativos impactes na qualidade dos recursos hídricos e nos substratos de suporte, de abastecimento e escoamento, estão as actividades aquícolas, sobretudo as pisciculturas intensivas e semi-intensivas que ocupam uma parte significativa das zonas húmidas costeiras.

Na costa portuguesa, o sistema mais comum é o semi-intensivo que se caracteriza por um funcionamento relativamente simples de tanques de decantação (à entrada e à saída) e de produção, todos eles construídos sobre solos de vasas compactas, similares aos das salinas. Há, pois, uma grande interacção entre o meio aquático receptor e o substrato terrígeno que proporciona a ocorrência de processos físicos e bioquímicos característicos dos meios estuarinos e lagunares.

Em todo o caso, as aquaculturas provocam alterações fisiográficas e paisagísticas profundas em áreas intermareais de grande sensibilidade ecológica (Foto 13), devendo ser integradas em programas de desenvolvimento sustentável e planos de ordenamento territorial, no cumprimento das normas do Domínio Público Hídrico, da manutenção da qualidade da água, da segurança alimentar e da defesa da saúde pública.



**Foto 13:** Tanques de crescimento de exploração piscícola semi-intensiva (estuário do Mondego).

Na prática, trata-se de "quintas marinhas". Apenas têm razão de existir se conseguirem maximizar o crescimento dos animais em pouco tempo, escolhendo espécies com grande procura no mercado, resistentes às doenças e aos parasitas e o mais possível afastadas de predadores.

Procura-se que estas pisciculturas sejam espaços isolados e protegidos, mas há sempre a dependência da água do mar, com temperatura e salinidade adequadas, suficiente oxigénio dissolvido e poucos poluentes. O produtor não pode, pois, dominar todo o ambiente como o faz numa quinta terrestre e os impactes da exploração piscícola também são menos controláveis e fazem-se sentir externamente, por vezes com severidade.

Seja como for, é importante salientar algumas das características gerais que impõem transformações acentuadas no território:

- Modificação drástica da paisagem, com transformação fisiográfica das marinhas, alterando, também o circuito da água nos esteiros;
- Isolamento de parcelas e aumento da profundidade, o que faz diminuir a quantidade de luz que alcança o fundo, afectando a produção primária bêntica e a cadeia alimentar natural. Além disso, ocorre a redução de áreas essenciais a muitas espécies residentes e migradoras, nomeadamente as aves que perdem locais de repouso, alimentação e nidificação;
- Substituição de um sistema sazonal extensivo não poluente (a salinicultura) por outro intensivo e que provoca profundas alterações na qualidade da água;
- Alteração nos equilíbrios específicos das espécies estuarinas, devido à contaminação do meio aquático com hormonas, antibióticos, novos parasitas, patologias e, de forma muito preocupante, a introdução de espécies exóticas que proporcionam distúrbios genéticos ainda imprevisíveis.

Trata-se de ambientes sobrelotados, onde o combate aos efeitos dos nutrientes, biocidas, bactérias e outros poluentes se faz, normalmente, com a utilização de arejadores mecânicos e bombas de oxigénio que vão mantendo as condições mínimas de sobrevivência, enquanto não entram em acção outras medidas de remediação. A principal dessas medidas, claro, é a renovação da água dos tanques, sendo desejável para a produção que o circuito mareal funcione com a maior frequência possível, embora isso possa significar mais exposição à poluição externa e, em sentido inverso, incremento da poluição que afecta o ambiente aquático estuarino.

Também aqui se deve referir o Regime de Utilização dos Recursos Hídricos (Decreto-Lei nº 226-A/2007) que, no seu artigo 73º, define que as culturas biogénicas só são permitidas desde que os seus equipamentos e instalações:

- a) Estejam devidamente demarcadas;
- b) Não alterem o sistema de correntes;
- c) Não prejudiquem a navegação ou outros usos licenciados;
- d) Não alterem a massa de água onde se localizem;
- e) Não afectem a integridade biológica dos ecossistemas em presença.

Na verdade, o investimento nas aquaculturas tem de continuar, até porque, segundo o Livro Verde sobre o futuro da Política Comum das Pescas (UE), muitas populações marinhas estão actualmente fora dos limites biológicos de segurança. Mas é necessário que isso não contribua para a destruição de habitats, a contaminação irreversível de substratos e a eliminação de organismos e espécies fundamentais ao equilíbrio dos ecossistemas, muitas vezes integrados em Zonas de Protecção Especial (ZPE) e Sítios de Interesse Comunitário (SIC).

Neste contexto e no âmbito das Questões Significativas para a Gestão da Água, em resposta aos objectivos da Lei da Água, a ARH do Centro compilou um conjunto de problemas relativos a pressões e impactos, dos quais se dá uma visão resumida e reformulada, salientando aspectos complementares dos impactes referidos atrás e alguns outros que têm maior incidência e elevado grau de ubiquidade no território costeiro português:

- a) Acidificação da água – A acidificação da água manifesta-se por valores baixos de pH e pode resultar, entre outros, da influência de águas residuais de origem industrial ou mineira; ou da utilização de nutrientes em excesso, uma vez que estes também contêm substâncias acidificantes.

O pH é uma variável muito importante relacionada com a qualidade da água na medida em que influencia muitos processos químicos e biológicos e as suas alterações podem causar problemas aos organismos aquáticos. A existência de substâncias ácidas nas águas das chuvas pode comprometer o desenvolvimento de espécies vegetais não adaptadas a essas condições, com o consequente desequilíbrio de ecossistemas (este fenómeno é especialmente gravoso nas áreas naturais onde proliferam infestantes), bem como a lixiviação de metais tóxicos que podem contaminar as águas superficiais e subterrâneas. Um dos aspectos mais críticos prende-se com a absorção de grandes quantidades de CO<sub>2</sub> pelas massas de água oceânicas, com a consequente formação de ácido carbónico e a libertação posterior de hidrogeniões em reacções químicas encadeadas que podem comprometer a sobrevivência de vastas comunidades de zooplâncton e as cadeias alimentares associadas. É um dos possíveis

“efeitos dominó” do excesso de  $\text{CO}_2$  na atmosfera, caso seja ultrapassada a capacidade de resposta dos sistemas naturais de auto-regulação.

b) Agravamento da qualidade da água devido à suspensão de sedimentos – Os sedimentos são constituídos por partículas que resultam do desgaste físico e químico das rochas, de detritos de plantas (e.g., macrófitas, fitoplâncton) e da actividade predadora dos animais (e.g., pelitos fecais). Depois de serem transportados até locais mais ou menos distantes, os sedimentos depositam-se no fundo das águas receptoras onde se acumulam.

Podem ocorrer modificações na sua composição devido à deposição e à adsorção de partículas inorgânicas e orgânicas em suspensão na água, nomeadamente metais e nutrientes, estabelecendo-se um equilíbrio químico entre sedimentos e a coluna de água. Em certas condições, estes sedimentos podem constituir suporte a espécies aquáticas bentónicas, mas sob a acção de escavamento, arrasto, ou ocorrência de correntes fortes, os sedimentos desprendem-se dos fundos, o que tem como resultado o enriquecimento da coluna água nas substâncias que neles se acumularam, o aumento da turvação da coluna de água e a afectação de espécies e habitats.

c) Águas enriquecidas em nitratos e fósforo – Os nitratos que estão presentes nas águas superficiais podem ser provenientes de fontes naturais (drenagem dos solos e os resíduos de plantas e de animais) ou antropogénicas (resíduos humanos e animais das explorações e os fertilizantes que são arrastados dos solos). Os nitratos ocorrem naturalmente nas águas subterrâneas como resultado da lixiviação dos solos, mas as concentrações mais elevadas estão normalmente associadas ao uso intensivo de fertilizantes na agricultura. A presença de nitratos na água não é prejudicial à saúde desde que não ultrapasse 50 mg/L, excepto no que respeita às crianças de tenra idade, caso em que não deve ultrapassar 10mg/L de  $\text{N}^-\text{NO}_2^-$ .

Quanto ao fósforo, é um dos elementos essenciais para a vida dos organismos e o factor limitante para o crescimento das algas (sobretudo, em ambientes dulçaquícolas).

Está presente nas águas naturais nas formas dissolvida (ortofosfatos, polifosfatos e compostos orgânicos) e particulada. A presença nas águas naturais de concentrações elevadas de fósforo pode ser responsável por episódios de eutrofização e estão normalmente associadas a descargas de águas residuais domésticas, urbanas e industriais, com destaque para as que contêm detergentes, bem como aos fertilizantes que chegam à água através das escorrências de solos agrícolas onde foram aplicados. O fósforo também existe nos sedimentos donde pode ser libertado para a coluna de água, juntamente com os metais e com a matéria orgânica, devido a acção mobilizadora das bactérias.

d) Eutrofização – Concentrações elevadas de compostos de azoto e fósforo, quando associadas a outros factores (e.g., luminosidade e temperatura), podem originar:

- Proliferação (blooms) de algas, macrófitas e perifiton, com efeitos negativos nos ecossistemas e na qualidade e usos da água;
- Concentrações elevadas de pigmentos clorofilinos (e.g., clorofila a);
- Proliferação de algas potencialmente tóxicas (e.g., cianobactérias) e consequente degradação da qualidade da água, devido à presença de toxinas, com risco para a saúde animal e humana;
- Aumento da turvação e redução do oxigénio dissolvido.

e) Poluição microbiológica – As águas naturais contêm microrganismos indígenas e microrganismos provenientes de fezes humanas ou animais. Estas podem conter uma grande variedade de microrganismos patogénicos que, quando presentes na água de abastecimento público ou na água de recreio com contacto directo, podem causar diversos tipos de doenças perigosas.

Os microrganismos atingem as águas naturais através de descargas de águas residuais domésticas e urbanas, de pisciculturas intensivas e semi-intensivas e de escorrências de solos urbanos e agrícolas contaminados. Na impossibilidade de monitorizar todos eles, são usados indicadores da presença de contaminação fecal, nomeadamente coliformes fecais, estreptococos fecais, E. Coli, enterococos fecais.

A determinação do estado ecológico da água no âmbito da DQA não contempla parâmetros microbiológicos, mas o cumprimento da DQA implica a obrigatoriedade de que nas massas de água onde existem zonas balneares o programa de monitorização inclua as exigências da Directiva 76/160/CEE (a ser substituída pela Directiva 2006/7/CE o mais tardar em 1 de Janeiro de 2015).

f) Poluição orgânica (CBO5 e azoto amoniacal) – A carência bioquímica de oxigénio (CBO) é uma medida aproximada da quantidade de oxigénio que é necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável que existe numa amostra de água, resultando daí uma forma inorgânica estável. É assim um indicador da quantidade de matéria orgânica que existe na massa de água de onde foi extraída a amostra. Quanto mais elevados forem os valores de CBO5 encontrados numa massa de água, mais poluída esta se encontra e maior a probabilidade de surgirem impactos secundários em todo o sistema ecológico.

Já o azoto amoniacal existente na água pode ter origem natural e resultar da decomposição de matéria orgânica e inorgânica azotada, da actividade biológica, da redução do azoto gasoso pela acção de microrganismos existentes na água e das trocas gasosas entre o ar e a água. A presença de azoto amoniacal na água pode também ser devida a descargas de águas residuais urbanas e industriais (e.g., produção de papel e de pasta de papel).

Na água, a forma ionizada do azoto amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) está em equilíbrio com a sua forma não ionizada ( $\text{NH}_3$ ) que, quando em concentrações elevadas e para determinadas condições de temperatura e pH, é tóxica para a vida aquática e, conseqüentemente, para o equilíbrio ecológico das massas de água. Além disso, o azoto amoniacal liga-se também em formas complexas com alguns iões metálicos, pode ser adsorvido pelas partículas coloidais, pelos sedimentos em suspensão e pelos sedimentos de fundo.

g) Poluição com metais – A capacidade da água para ser suporte da vida aquática assim como a sua adequabilidade para outros usos depende de muitos elementos que nela estão presentes em pequenas quantidades. Os metais existem naturalmente na água, dissolvidos, na forma coloidal ou em suspensão, como resultado da erosão de rochas e solos, sendo alguns necessários à vida de todos os organismos aquáticos em pequenas quantidades (é o caso, por exemplo, do ferro, do cobre, do cobalto, do zinco e do manganês). Contudo, quando a sua presença é devida a causas não naturais relacionadas com descargas de efluentes urbanos, industriais ou com actividades mineiras, podem existir na água em maiores quantidades e exercer efeitos tóxicos nos ecossistemas aquáticos, originando problemas ecológicos graves, com a agravante de que não existe um processo natural de eliminação de metais. Por isso, eles vão transitando de um compartimento para o outro dentro do ambiente

aquático, incluindo o biota (bioacumulação e bioampliação), muitas vezes com efeitos negativos irreversíveis.

Os metais depositam-se por adsorção e acumulam-se nos sedimentos de fundo onde existem em concentrações superiores às que existem na água, o que origina problemas de poluição secundários, agravados quando se promove a ressuspensão de sedimentos. Não é conhecido qualquer benefício associado à presença de alguns metais pesados nos organismos, como sejam, por exemplo, o mercúrio, o crómio e o chumbo que são conhecidos pela sua elevada toxicidade.

h) Poluição com substâncias perigosas e substâncias prioritárias (biocidas e produtos fitofarmacêuticos) – O termo “pesticidas” é usado para designar produtos químicos que são tóxicos para certos organismos vivos desde bactérias e fungos até plantas e animais. A maior parte dos pesticidas são compostos que não ocorrem naturalmente e, portanto, quando são detectados indicam poluição. Actualmente, existem cerca de 10.000 pesticidas, dos quais os mais largamente usados são insecticidas (para combater insectos), herbicidas (para combater ervas daninhas e outras plantas infestantes indesejáveis) e fungicidas (para combater fungos).

Na agricultura, é usada uma vasta gama de pesticidas, que apresentam um comportamento ambiental diversificado, resultante de vários processos físicos, químicos e biológicos que determinam o seu transporte e transformação (verifica-se que os produtos de degradação, os metabolitos, apresentam maior toxicidade). O armazenamento e o acondicionamento inadequado dos pesticidas, bem como a sua utilização nos ecossistemas agrícolas (particularmente se realizada de forma menos correcta) pode conduzir à contaminação das águas superficiais (por escoamento superficial, erosão ou deposição) e das águas subterrâneas (por lixiviação), afectando os ecossistemas aquáticos, em especial no caso dos pesticidas com maior afinidade para a água e com toxicidade mais elevada para os organismos aquáticos.

i) Alterações da dinâmica sedimentar (assoreamento, erosão e composição sedimentar) – O depósito de detritos e de sedimentos originados pela erosão de solos e rochas pode causar a obstrução de rios, estuários e canais. O assoreamento pode ser agravado ou alterado por actividades humanas, em resultado de desflorestação, da construção urbanística, de técnicas agrícolas inadequadas, ou da construção de barragens, açudes e desvios dos leitos. Como consequência do assoreamento pode ocorrer:

- Redução do caudal dos rios e do prisma mareal;
- Diminuição da profundidade do leito dos rios, dos estuários e das lagunas;
- Aumento dos níveis das enchentes, provocando inundações;
- Alteração e destruição de habitats (e.g., zonas de postura e maternidades), com mudanças na granulometria e na composição físico-química dos substratos e anoxia de meios aquáticos;
- Deposição e concentração de sedimentos contaminados, sobretudo nas zonas proximais dos sapais, inviabilizando o desenvolvimento de espécies da flora e da fauna e das explorações aquícolas.

j) Alterações do regime de escoamento – As reduções e as interrupções de caudais podem estar associadas a períodos de chuvas menos abundantes ou a maior quantidade de água extraída a partir das captações, afectando as quantidades de substâncias que atingem a água quer por processos naturais quer devido à intervenção humana. As reduções e interrupções

de caudais podem estar associadas aos aproveitamentos hidráulicos instalados, sendo de salientar que enquanto as substâncias naturais resultantes da erosão aumentam à medida que os caudais aumentam, as substâncias que são introduzidas na água em resultado da actividade humana, tais como a matéria orgânica, tendem a diminuir com o aumento dos caudais.

l) Inundações – As inundações podem ser devidas a causas naturais quando resultam de condições climáticas anormais e os seus efeitos podem ser minimizados, até certa medida, através da gestão adequada da ocupação do solo e dos recursos hídricos e pela construção de obras de defesa. Também podem resultar da actividade humana e estarem associadas a, por exemplo, acidentes com infra-estruturas hidráulicas cuja prevenção deve merecer atenção especial, sobretudo nos planos de segurança das barragens. As inundações podem ter implicações no estado das águas quando atingem zonas de armazenamento ou deposição de substâncias poluentes, instalações de tratamento de águas residuais, ou provocam rotura ou sobrecarga em equipamentos de acondicionamento, tratamento ou drenagem de águas residuais, numa cadeia de “efeitos dominó” que pode prolongar-se por períodos muito alargados.

m) Competição das espécies pelo espaço e pelo alimento com conseqüente desequilíbrio das comunidades – A redução temporária ou definitiva dos caudais dos rios e a diminuição do prisma mareal pode conduzir à diminuição da qualidade da água e à redução do espaço e do alimento, em prejuízo das espécies mais sensíveis e da biodiversidade, o que altera as cadeias tróficas e desequilibra as comunidades. Esta situação será agravada com a introdução de espécies da flora e da fauna não nativas que ameaçam as espécies naturais e representam uma importante pressão sobre o estado ecológico das massas de água e a sustentabilidade económica de certos subsectores das pescas.

n) Destruição/fragmentação de habitats – A destruição e fragmentação de habitats pode ser devida a alterações na dinâmica sedimentar e no regime hidrológico natural; a intervenções nas margens e leitos dos rios, com destruição dos habitats aquáticos e ribeirinhos; a práticas de determinadas artes de pesca e dragagens que destroem os habitats de fundos marinhos e estuarinos; a intervenções destrutivas nas zonas costeiras e estuarinas intermareais; ou a desvios e alteração das afluências de água doce nos estuários.

o) Alteração das comunidades da fauna e da flora – A alteração das comunidades bióticas pode dever-se a múltiplas razões, entre as quais a destruição dos habitats por utilização de determinadas artes de pesca, a criação de barreiras, as intervenções no leito dos rios, estuários e zonas costeiras, ou a poluição orgânica e química que normalmente evidencia a prevalência das espécies tolerantes e resistentes. Por outro lado, também pode haver extinção de espécies, devida a destruição e fragmentação de habitats que suportam a cadeia alimentar (zooplâncton, peixes) nos primeiros estádios do ciclo de vida (e.g., zonas de maternidade de espécies de ictiofauna), mas também devido à sobreexploração de espécies comerciais e à poluição.

p) Contaminação de águas subterrâneas – A presença de algumas substâncias nas águas subterrâneas pode ser devida à ocorrência de processos naturais, tais como a decomposição de matéria orgânica nos solos, ou à lixiviação de depósitos minerais e produtos provenientes

das actividades humanas. O risco de contaminação de águas subterrâneas depende da capacidade dos estratos que se situam entre o solo à superfície e a zona saturada do aquífero para o proteger dos efeitos adversos das cargas de poluição e está associado a situações diversas, nomeadamente:

- Condições hidrogeológicas;
- Sobreexploração de aquíferos;
- Aplicação nos solos agrícolas de efluentes pecuários (estrumes e excrementos animais);
- Práticas de deposição e de aplicação no solo de substâncias indesejáveis;
- Fugas e roturas nos sistemas de drenagem e de tratamento de águas residuais;
- Escorrências de solos urbanos e infra-estruturas lineares;
- Escorrências de solos agrícolas em que foram aplicados pesticidas;
- Derrames acidentais de produtos poluentes;
- Lixeiras, incluindo as desactivadas e seladas;
- Aterros sanitários deficientemente impermeabilizados;
- Poluição das águas superficiais associadas.

Por outro lado, como vimos atrás, a sobreexploração de aquíferos e a intrusão de águas exteriores estão normalmente associados. Sobretudo em zonas costeiras e litorais pode dar origem ao abaixamento dos níveis de água, a alterações no equilíbrio de cunhas salinas de profundidade e mudanças na direcção do escoamento, resultando daí impactos indirectos nas linhas de água e nas zonas húmidas dependentes, nomeadamente a intrusão no aquífero de águas salobras e salgadas.

## 6. AVALIAÇÃO DE RISCOS

Apesar de ainda se discutir o alcance e o ritmo dos processos naturais em curso, a intensa concentração demográfica e de actividades económicas, os fluxos turísticos sazonais, a ocupação desordenada do território, o desrespeito pela capacidade de carga dos locais de risco, a sobreexploração dos recursos e outras intervenções antrópicas incorrectas, criam alterações no meio habitado e nos ecossistemas, que potenciam os cenários de catástrofe.

De facto, o processo de litoralização tem originado situações de desequilíbrio, que se manifestam na erosão costeira generalizada, em muitos casos com destruição de habitats, perda de biodiversidade, diminuição da qualidade da paisagem e alteração da quantidade e da qualidade da água.

Aumenta a perigosidade associada aos riscos identificados e também a vulnerabilidade dos elementos expostos. Por isso, a gestão sustentável da zona costeira obriga, em primeiro lugar, à adopção de medidas que restrinjam ou interditem edificações na zona costeira (Foto 14), incluindo as que integram estruturas e sistemas de protecção que manifestamente tenham mais impactes negativos do que positivos.



**Foto 14:** Expansão urbana nas últimas décadas sobre a zona interdunar (Praia de Mira). Em primeiro plano, a duna frontal densamente colonizada por estorno (*Ammophila arenaria*) é a única segurança contra o galgamento pelas vagas marítimas.

Os objectivos de gestão integrada da zona costeira não são fáceis de atingir, antes de mais porque há uma grande desarticulação de competências administrativas. Por exemplo, a preservação e a reabilitação dos meios hídricos de jusante ultrapassam largamente o âmbito dos POOC, aos quais também é retirada a jurisdição das áreas portuárias. Neste caso, há uma clara limitação à abordagem integrada dos problemas da orla costeira,

tendo em conta que as infra-estruturas portuárias se localizam nas áreas estuarinas, reduzem drasticamente o transporte sedimentar que alimenta as praias e incorporam frentes urbanas e zonas balneares.

### 6.1. Indicadores de susceptibilidade e interdependências críticas

O trabalho de identificação, avaliação, georreferenciação e gestão de riscos teve um contributo para a clarificação e harmonização de procedimentos técnicos com a publicação, em 2009, do "Guia Metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a construção de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal", da responsabilidade conjunta da ANPC, do IGP e da DGOTDU.

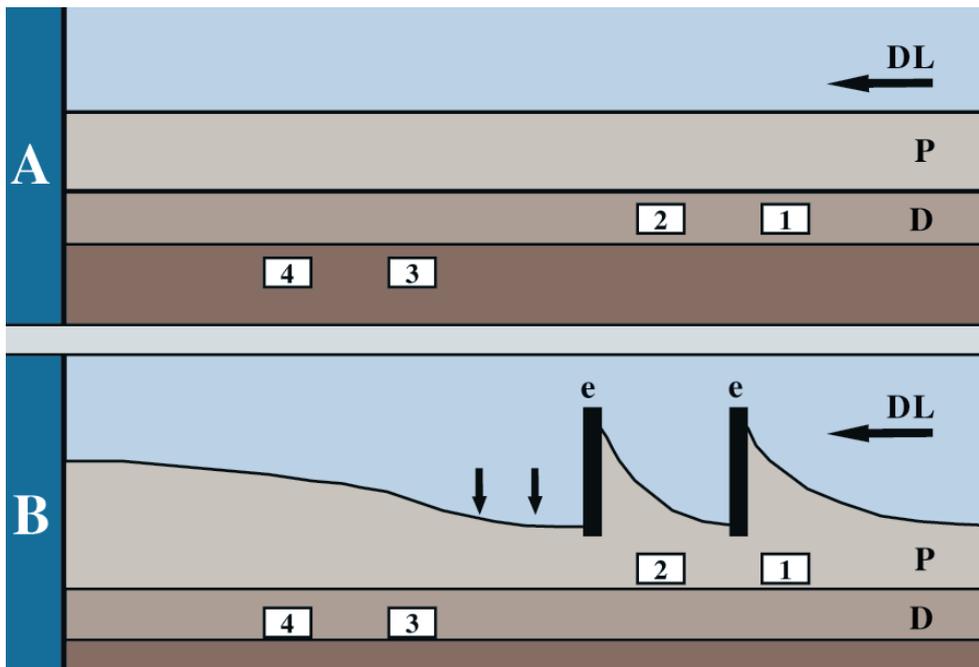
Nesse documento, a Susceptibilidade está associada à Incidência espacial do perigo. Representa a propensão para uma área ser afectada por um determinado perigo, em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos factores de predisposição para a ocorrência dos processos ou acções, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência. O que permite que a análise da susceptibilidade tenha em conta elementos recentes, dados relacionáveis e interdependências específicas que não dependem apenas da quantificação de frequências e probabilidades associadas (embora estas sejam muito importantes na avaliação de risco).

Assim, considerando os principais riscos físicos identificados para a zona costeira, numa perspectiva de intervenção de protecção civil e de prioridade nas medidas de ordenamento, podemos traçar uma caracterização complementar que serve para exemplificar a metodologia indicada:

a) **Inundações e galgamentos costeiros** - Inundação da faixa terrestre adjacente à linha de costa decorrente de tempestades marinhas. Corresponde às áreas de:

- Inundação pelas águas do mar durante temporais;
- Atingidas pelo espraio das ondas de tempestade;
- Galgamento de elementos morfológicos naturais e estruturas existentes na orla costeira.

As inundações e galgamentos costeiros afectam praias, dunas costeiras, arribas, barreiras detríticas (restingas, barreiras soldadas e ilhas-barreira), tómbolos, sapais, faixa terrestre de protecção costeira, águas de transição e respectivos leitos e faixas de protecção, bem como estruturas e infra-estruturas existentes na orla costeira que reforçam a susceptibilidade ao avanço do mar (Figura 28).



**Figura 28:** Efeito da construção de esporões na alimentação sedimentar pela deriva litoral e na exposição relativa ao risco (adaptado de Pilkey *et al.*, 1978). **2** – Casa; **D** – Duna; **P** – Praia; **DL** – Derive Litoral; **e** – Esporão.

Na cartografia de inundações e galgamentos costeiros devem constar, no mínimo, o efeito combinado de cinco componentes:

- A cota do nível médio do mar;
- A elevação da maré astronómica;
- A sobrelevação meteorológica;
- O espraio da onda;
- Os elementos físicos indutores.

A influência de cada componente deve ser preferencialmente determinada à escala do litoral, analisada por processamento da informação maregráfica, astronómica, meteorológica e oceanográfica apropriada e apoiada por informação científica e técnica disponível e confirmações de terreno. O espraio das ondas deverá ser calculado através de modelos calibrados baseados na altura da onda ao largo e na morfologia do litoral (referidos no ponto 4.1) e da faixa costeira.

b) **Erosão costeira: destruição de praias e sistemas dunares** – Diminuição do volume de areia na praia e dunas adjacentes, com progressão para o interior e para sotamar do movimento dominante de deriva de uma berma erosiva. Considera-se praia a acumulação de sedimentos litorais não consolidados (geralmente areia ou cascalho) relacionada com os processos da dinâmica marinha no litoral; enquanto as dunas são sistemas que traduzem acumulações eólicas de areias marinhas, sendo que as dunas costeiras constituem ecossistemas específicos pela composição vegetal adaptada ao ambiente salino e à estabilização da mobilidade das areias.

Deve ser reconstituída a linha de Máxima Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais (LMPMAVE), do limite entre a praia e as dunas eólicas ou a base da escarpa de erosão entalhada no cordão dunar; e do limite entre as dunas embrionárias/frontais (normalmente, colonizadas por *Elymus farctus*) e as dunas cobertas por vegetação consolidada. Com um espaçamento de aproximadamente 500m, obtêm-se perfis topográficos transversais à costa desde o zero hidrográfico até à crista do cordão dunar frontal. Desta forma:

- Determina-se a inclinação da praia e a largura da praia alta;
- Identificam-se os valores médios anuais da altura e do rumo da ondulação;
- Representam-se as morfologias e a evolução espaço-temporal das dunas com maior mobilidade e das dunas estabilizadas pela vegetação.

Nos perfis com taxas de variação superiores a 5m numa década devem estabelecer-se perfis transversais com espaçamento de 100m e com levantamentos e monitorização semestral (de preferência em Outubro e Abril).

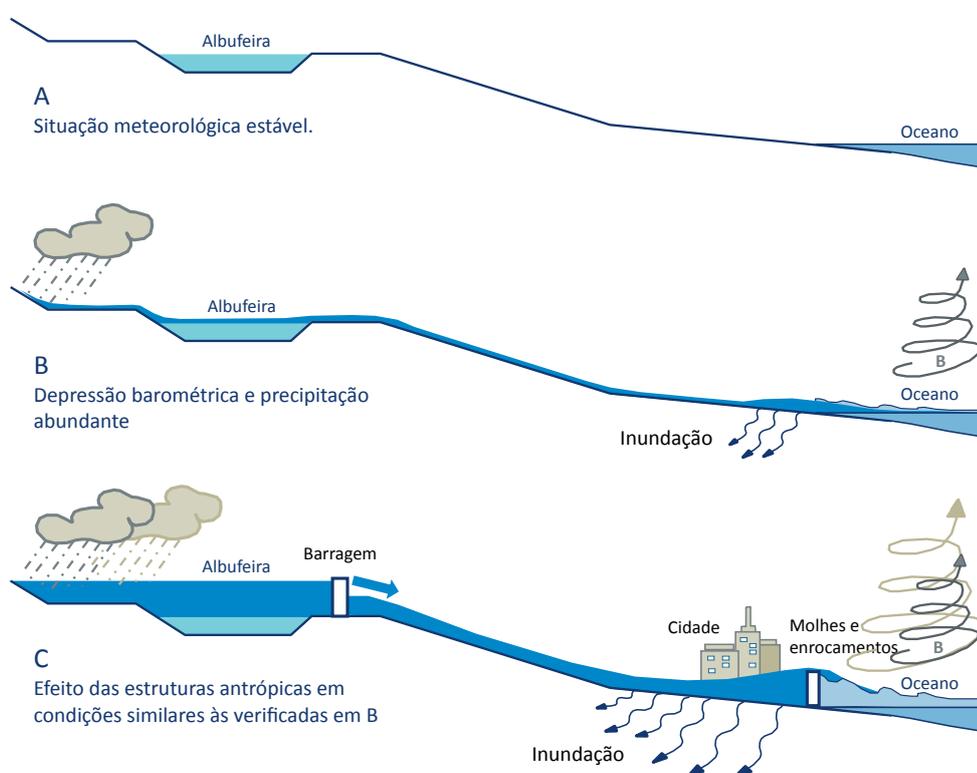
c) **Cheias e inundações** – As inundações são normalmente analisadas nos contextos das bacias hidrográficas e das zonas ribeirinhas dos principais leitos fluviais. No entanto, nas cidades costeiras, confluem os diversos factores de risco, em condições de sobredimensionamento, agravado pelas limitações de drenagem dos rios e pela invasão dos plainos inferiores pelas águas do mar.

As inundações são um fenómeno hidrológico extremo, de frequência variável, natural ou induzido pela acção humana, que consiste na submersão de terrenos usualmente emersos. As inundações englobam as cheias (transbordo de um curso de água relativamente ao seu leito ordinário, que podem ser rápidas ou lentas); a subida da toalha freática acima da superfície topográfica; e as cheias devidas à sobrecarga dos sistemas de drenagem artificiais dos aglomerados urbanos. As inundações são devidas a precipitações abundantes ao longo de vários dias ou semanas (cheias lentas e subida da toalha freática) e a precipitações intensas durante várias horas ou minutos (cheias rápidas e sobrecarga dos sistemas de drenagem artificiais).

A utilização de métodos de análise para avaliação da susceptibilidade à ocorrência de cheias deve ser feita de forma diferenciada para as áreas urbanas e para as áreas rurais, sendo que nas primeiras se deve distinguir também os aglomerados urbanos de montante e os localizados junto à foz. Esta avaliação deve ter sempre por base a totalidade da bacia hidrográfica e as componentes que directamente influenciam a susceptibilidade. As variáveis consideradas fundamentais são: a área de acumulação potencial do escoamento (que traduz a influência da dimensão da área de drenagem e define a magnitude da própria rede de drenagem), a permeabilidade (que interfere com a relação entre a água infiltrada e a água disponível para o escoamento directo) e o declive (que tem importância fundamental no dinamismo do escoamento). No modelo simplificado apresentado no "Guia Metodológico" não são utilizadas variáveis relativas à precipitação e à ocupação do solo e também se assume a inexistência dos efeitos de intercepção e retenção do coberto vegetal, devido às grandes alterações a que esta variável está sujeita em curtos espaços de tempo. No entanto, sempre que existam dados hidrométricos e pluviométricos adequados, podem ser aplicados diferentes modelos hidrológicos ou hidráulicos, desde que devidamente calibrados e validados. Na impossibilidade de serem utilizados modelos

hidrológicos, a identificação das áreas afectadas por cheias e/ ou inundações pode ser efectuada através de levantamento de campo, tendo por base as evidências/marcas das inundações que se manifestam nas características morfológicas, pedológicas, sedimentológicas e fitogeográficas.

Reforça-se ainda o papel das estruturas antrópicas instaladas na bacia, os obstáculos transversais, a regularização de leitos, a retenção de massas de água e o controlo de caudais que podem criar problemas graves nas zonas mais a jusante, sobretudo nos troços distais estuarinos e barras portuárias, onde se localizam grandes aglomerados populacionais (Figura 29). Essas são áreas que, habitualmente, também são afectadas por inundações devidas a impermeabilização do solo e a sobrecarga dos sistemas de drenagem urbanos, sendo de considerar a área de acumulação potencial do escoamento, a topografia, a malha urbana e a capacidade de vazão desses sistemas.



**Figura 29:** Evolução da susceptibilidade a inundações, considerando um evento meteorológico do mesmo tipo, o qual pode ainda ser sobredimensionado no contexto de agravamento de extremos climáticos (a sombreado), com eventual colapso de estruturas de contenção.

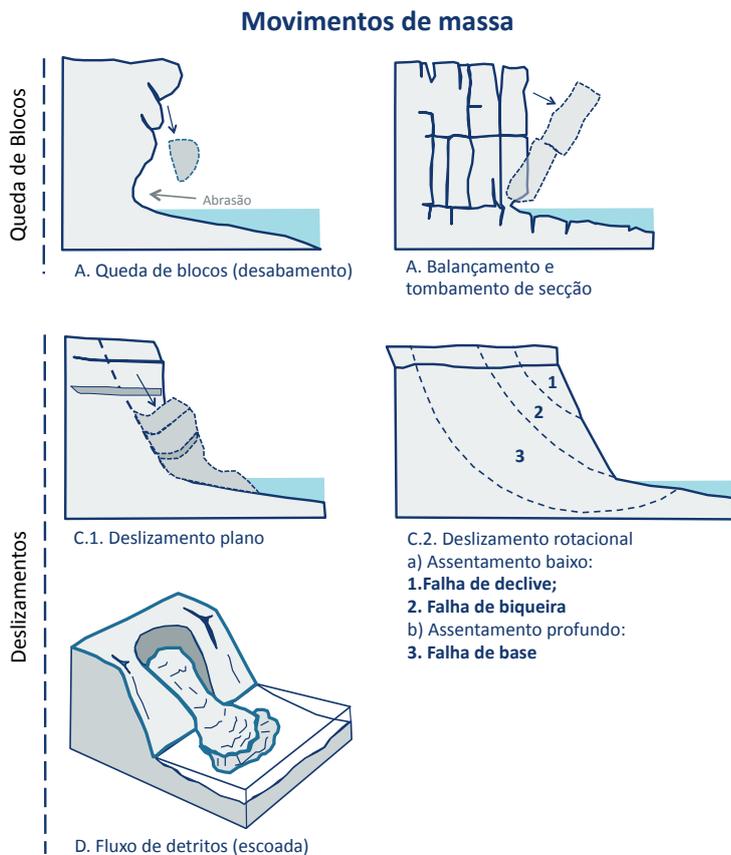
Atente-se que há uma tendência global para a ocorrência de eventos extremos com valores de precipitação, velocidade do vento e depressão barométrica superiores aos registos históricos disponíveis, complicando os cálculos dos planeadores. Além disso, há factores a ter em conta na prevenção operacional, uma vez que após a ocorrência de um evento de "storm surge", a superfície da água pode manter-se a oscilar e, sob determinadas condições, geram-se forças com grande potencial de risco, uma vez que conjugam a direcção e intensidade do vento, a onda mareal, a ressonância mareal, o nível ainda elevado do mar

e o movimento oscilatório das ondas estáveis que criam enormes vagas na área estuarina, mesmo depois de o pico da tempestade ter passado.

Este primeiro conjunto de Riscos evoca necessariamente as dinâmicas atmosféricas e oceanográficas, a sua evolução e, sobretudo, a conjugação de factores que podem estar associados a condições capazes de proporcionar eventos graves na zona costeira habitada:

- Período de baixo índice NAO (North Atlantic Oscillation) com maior incidência no Inverno;
- Prevalência de sistemas depressionários muito cavados;
- Descida em latitude e aproximação à Península Ibérica de frentes polares com acentuado declive barométrico e grande intensidade dos ventos de W e de SW;
- Domínio da direcção das ondas de W e SW, reforçadas nas alturas significativas (HS) e na velocidade pela elevação meteorológica do nível do mar (aumenta a profundidade);
- Forte precipitação e fluxos fluviais abundantes que serão reforçados com descargas dos sistemas de barragens das bacias hidrográficas (ou mesmo o colapso dessas estruturas);
- Desflorestação de áreas declivosas de montante, acentuada pelos incêndios de Verão, o que leva à concentração temporária de sedimentos e carga sólida flutuante na foz e na área litoral adjacente, fazendo aí baixar bruscamente a profundidade e aumentando o declive das ondas;
- Pico da tempestade coincidente com a preia-mar de marés-vivas (mais grave ainda em MPMAVE);
- Barreiras naturais e artificiais que influem no escoamento fluvial e no avanço da onda mareal, na dissipação ou na concentração da energia das ondas (refracção e difracção) e na elevação do nível do mar (também pela ocorrência de correntes hidráulicas);
- Subida efectiva e regular da temperatura do oceano e do nível do mar, relacionadas com alterações climáticas globais.

d) **Erosão costeira: recuo e instabilidade de arribas** – Movimento de descida de uma massa de rocha ou solo coerente numa arriba litoral. O centro de gravidade do material afectado progride para jusante e para o exterior da arriba. Inclui Desabamentos (Quedas), Balançamentos (Tombamentos), Deslizamentos (Escorregamentos) planos e rotacionais e fluxos de detritos (Figura 30). Os movimentos são predominantemente desencadeados por precipitações intensas e/ou prolongadas, sismos, temporais no mar e acções antrópicas.



**Figura 30:** Quatro tipos primários de movimentos de massa (adaptado de T. Sunamura, 1992).

Uma parte significativa da faixa costeira portuguesa é formada por arribas. Estas são geofomas com diferentes litologias e, por isso, têm diferentes susceptibilidades à erosão e à ocupação humana, sendo de considerar, complementarmente, na avaliação do estado, da actividade de uma arriba e dos riscos inerentes:

- A posição e enquadramento das arribas em relação a outros sistemas costeiros;
- A distância ao mar;
- A orientação da linha de costa;
- A altura e a geometria das vertentes;
- Os entalhes de linhas de água e ressurgências;
- As fracturas;
- A permeabilidade;
- O historial evolutivo que tenha em conta afloramentos rochosos litorais, plataformas de abrasão e o encaixe na paisagem de episódios erosivos identificados.

Habitualmente, as arribas resultam do embate contínuo das vagas nas rochas, o que provoca o desgaste na base das vertentes, desequilibrando o suporte das camadas superiores que se abatem em sucessivos desmoronamentos. Sobretudo em arribas de evolução lenta, o material desprendido acumula-se no sopé das "arribas vivas", formando uma "plataforma de abrasão", levemente inclinada em direcção ao mar, ficando a descoberto na baixa-mar, mas submergida em preia-mar.

Por outro lado, os sedimentos menos grosseiros vão-se acumulando na zona posterior à margem intermareal e formam uma "plataforma de acumulação" que prolonga a anterior até maiores profundidades.

À medida que a plataforma de acumulação aumenta de largura, as ondas perdem energia e colapsam precocemente devido ao atrito resultante do seu percurso até ao sopé das arribas. E, assim, pode chegar o momento em que as ondas já não conseguem atacar eficazmente as arribas, formando uma "arriba morta" que, sob a acção dos agentes erosivos atmosféricos, vai perdendo o pendor inicial, voltando, eventualmente, à dinâmica de erosão marítima se houver subida do nível do mar.

No entanto, o risco de desmoronamento de uma arriba morta ou inactiva pode manter-se e até ser acentuado pelo tipo de ocupação e a carga construtiva que comporta e por infiltrações que promovam os desmoronamentos rotacionais. Em todo o caso, os movimentos de massa são mais comuns em arribas alcantiladas, com forte inclinação.

É fundamental avaliar no terreno a evolução geomorfológica das arribas, bem como as suas características geológicas e geotécnicas, uma vez que estas podem variar das que possuem litologia homogénea rochosa (mais resistentes) até às arenosas (brandas, menos resistentes), estas muito comuns nas cabeceiras das praias algarvias.

Seja como for, a avaliação das áreas susceptíveis à instabilidade de arribas litorais deve incluir as seguintes etapas:

- Inventário sistemático, determinação da tipologia e dimensões (reco local máximo da crista e área horizontal perdida ao nível da crista) das instabilidades ocorridas no último meio século, por análise comparada de fotografias aéreas antigas (anos 40 ou 50; IGeoE) e recentes, por métodos fotogramétricos ou outros simplificados com rigor adequado ao fim em vista, devidamente validado com trabalho de campo; inventário de instabilidades de grande dimensão ocorridas antes das fotografias aéreas mais antigas utilizadas, por análise de fotografias aéreas ou ortofotomapas, validado com trabalho de campo.
- Identificação e cartografia dos factores condicionantes das instabilidades.
- Interpretação dos factores com recurso a modelos de relação espacial. Tendencialmente, a avaliação da susceptibilidade deve ser efectuada de modo individualizado para cada tipo (ou grupo tipológico) de instabilidade de arriba com incidência relevante no local.

Os modelos a utilizar para a predição da dimensão das áreas susceptíveis à ocorrência de instabilidades em arribas podem ser:

- a) Estatísticos (baseados em funções empíricas resultantes da análise dos inventários, ou que correlacionam espacialmente as instabilidades do inventário com os factores condicionantes).
- b) Físicos (baseados em métodos de análise de estabilidade apropriados às tipologias das instabilidades dominantes, suportados pelo conhecimento dos parâmetros de resistência dos maciços, do declive e da posição do nível freático).

Acima de tudo, na perspectiva da prevenção, devem ser identificadas as situações de risco potencial, ou de iminência de acidente, como sejam:

- Existência de erosão de sopé;
- Declive acentuado, ou mesmo inclinação negativa das vertentes;
- Existência de fendas de tracção paralelas ao plano do talude, bem como sinais de afundamento de um plano de retaguarda no topo da arriba;
- Ocorrência frequente ou recente de movimentos de massa de vertente.

Os resultados a obter devem estar de acordo com os conceitos definidos no RJREN e nos POOC no que diz respeito à definição de faixas de risco e faixas de salvaguarda.

Estes riscos podem ser dimensionados por outros de ocorrência mais rara, configurando situações de catástrofe pelo desenvolvimento de efeitos encadeados. Sobressaem nesses:

e) **Sismos** – Propagação de ondas através dos materiais terrestres, geradas por perturbações transitórias do equilíbrio elástico, geralmente associadas a movimentações repentinas de falhas ou a períodos de actividade vulcânica.

A situação de referência da susceptibilidade sísmica deve ser estabelecida de acordo com o enquadramento macro sísmico definido pela carta de isossistas de intensidades sísmicas máximas (Fonte: Instituto de Meteorologia) e/ ou pela distribuição dos valores máximos de aceleração do solo. Os efeitos de sítio produzem a amplificação da susceptibilidade sísmica e devem considerar:

- Zonas potenciais de instabilidade de vertentes, nomeadamente as das arribas costeiras;
- Solos brandos, incluindo aluviões e aterros, capazes de alterar as características de propagação das ondas sísmicas, como acontece nas áreas de sapal e zonas ribeirinhas do plano aluvial;
- Zonas adjacentes às falhas activas, com potencial para a ocorrência de deformações permanentes;
- Zonas susceptíveis à ocorrência de liquefacção dos solos.

f) **Inundação por tsunami** – Invasão pelas águas do mar ou estuarinas das margens terrestres, causada por ondas de período longo resultantes de sismos, acompanhados de rotura superficial no fundo do mar, erupções vulcânicas submarinas, instabilidades em vertentes submarinas ou ocorrência de movimentos de massa com velocidade de deslocamento elevada em vertentes e escarpas adjacentes às margens do mar.

O zonamento da susceptibilidade de inundação costeira por tsunami deve ser efectuado com base em critérios de análise geomorfológica, tendo em consideração:

- A geometria da linha de costa e a sua relação com a direcção expectável de propagação das ondas (SW no caso do território de Portugal continental);
- O tipo de litoral (e.g., arenoso, arriba, arriba com praia no sopé);
- A altimetria da faixa litoral e a sua relação com a altura das ondas de tsunami e respectivos "run up" e "run in", definidos com base em registos históricos (e.g., tsunami de 1755) ou em modelação;
- A presença e disposição de obstáculos que canalizem e concentrem o fluxo de inundação.

Refira-se que os tsunamis têm comprimentos de onda muito grandes (entre 80 km a 1.200 km) e que a velocidade da onda no oceano é função da raiz quadrada da altura da coluna de água, o que dá valores na ordem dos 600 km/h, ou mais, relativamente aos eventos que se enquadram nos riscos para a costa portuguesa, sobretudo pela posição livre de obstáculos representada pela planície abissal da Ferradura e o Banco de Gorringe, onde são gerados a maioria dos sismos que afectam o nosso país.

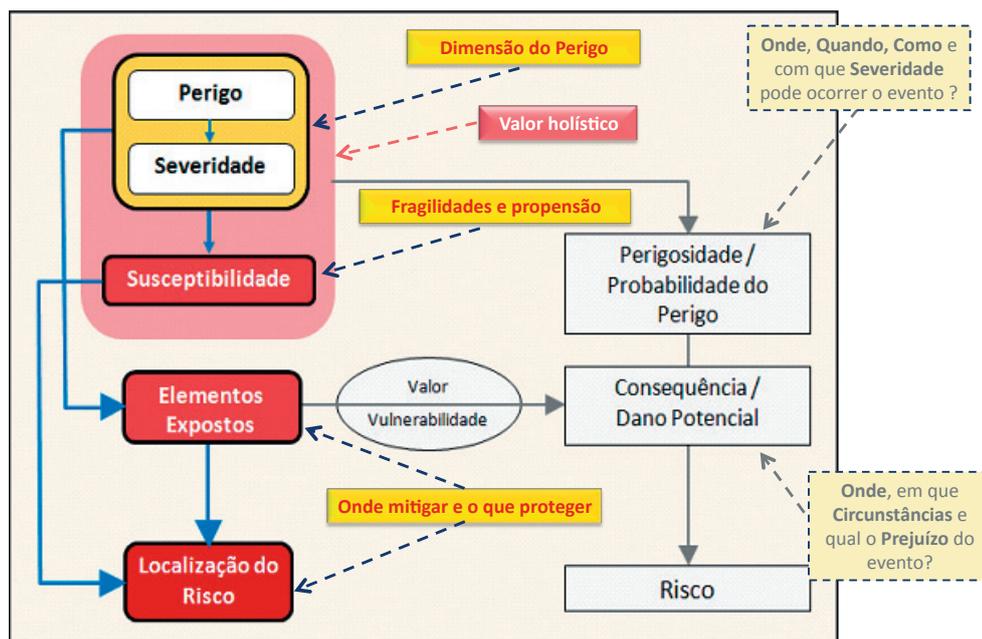
Os relatos sobre o tsunami que acompanhou o sismo de 1975 estão documentados (obra de Pereira de Sousa) e mostram que o mesmo provocou estragos profundos na orla costeira, com destruição de edifícios e muitas vítimas pelo avanço de ondas que, nalguns locais, atingiram alturas superiores a 30 m, penetrando vários quilómetros para o interior.

Imagine-se a catástrofe que seria actualmente, quando toda a costa portuguesa se encontra densamente ocupada e povoada. Aliás, a avaliação das plantas urbanas das cidades e povoações situadas no litoral leva a concluir que um grande tsunami (como o de 1755) teria consequências inimagináveis, a começar por grande parte das infra-estruturas de socorro que estão implantadas em cotas tais que seriam elas próprias destruídas ou seriamente danificadas.

## 6.2. Cartografia de risco

No referido "Guia Metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a construção de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal", está descrita uma metodologia harmonizada não somente para a análise e avaliação de riscos, mas também para a sua georreferenciação em cartografia digital específica (SIG), de âmbito municipal. O que se pretende é a construção de uma malha de informação de grande escala, mais precisa e coesa, que permita dar estrutura coerente aos planos de nível superior e às grandes opções de desenvolvimento sustentável.

Com essa finalidade, a avaliação de riscos, embora possa e deva contemplar o cálculo de vulnerabilidades e da perigosidade, conduz estrategicamente à "localização do risco". Neste enquadramento, são avaliadas as susceptibilidades a determinados eventos perigosos e são identificados os elementos expostos nas áreas críticas de incidência, com destaque para os elementos estratégicos vitais e/ou sensíveis (EEVS), onde se incluem as estruturas de protecção e socorro. A Figura 31 descreve as opções seguidas no contexto da teoria da avaliação de risco, reservando o sector a cinzento para estudos mais aprofundados, incluindo os aspectos relacionados com a avaliação criteriosa da Vulnerabilidade, enquanto o sector à esquerda estabiliza os conceitos mobilizados no processo.



**Figura 31:** Articulação dos conceitos fundamentais na avaliação e localização de riscos.

Nessa medida, é desejável que, quando possível, sejam seguidas as metodologias de avaliação de risco que contemplem a estimativa das perdas absolutas e os custos da recuperação e da reconstrução, de acordo com a expressão:

$$R = P \times C$$

Em que:

R = Risco;

P = Probabilidade de ocorrer um determinado evento perigoso;

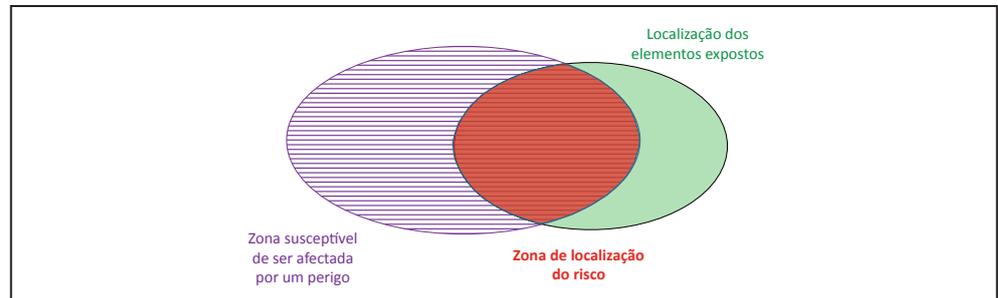
C = Consequências ou danos que são o produto da vulnerabilidade pelo valor das perdas.

Quanto à avaliação da susceptibilidade a um determinado perigo é efectuada para cada um dos perigos identificados em cada município, de acordo com as orientações e metodologias descritas, construindo manchas espaciais com as 4 escalas indicadas (elevada, moderada, baixa e nula), as quais vão ser sobrepostas aos elementos expostos existentes no território em causa que constituem uma agregação georreferenciada de elementos indiferenciados, elementos humanos e elementos estratégicos vitais e/ou sensíveis. Realça-se que esta opção está intimamente relacionada com a componente operacional de protecção de pessoas, bens e meio ambiente, mobilizando os meios e recursos adequados aos cenários traçados, ao mesmo tempo que promove as medidas preventivas, de mitigação e de ordenamento essenciais para responder aos eventos.

Considerando o que foi exposto, a produção da cartografia municipal de risco implica a criação de um Sistema de Informação Geográfica, a partir do qual seja possível produzir as seguintes peças cartográficas:

- Cartas de susceptibilidade para cada um dos perigos identificados no território;
- Carta de elementos expostos;
- Cartas de localização de risco para cada um dos perigos identificados.

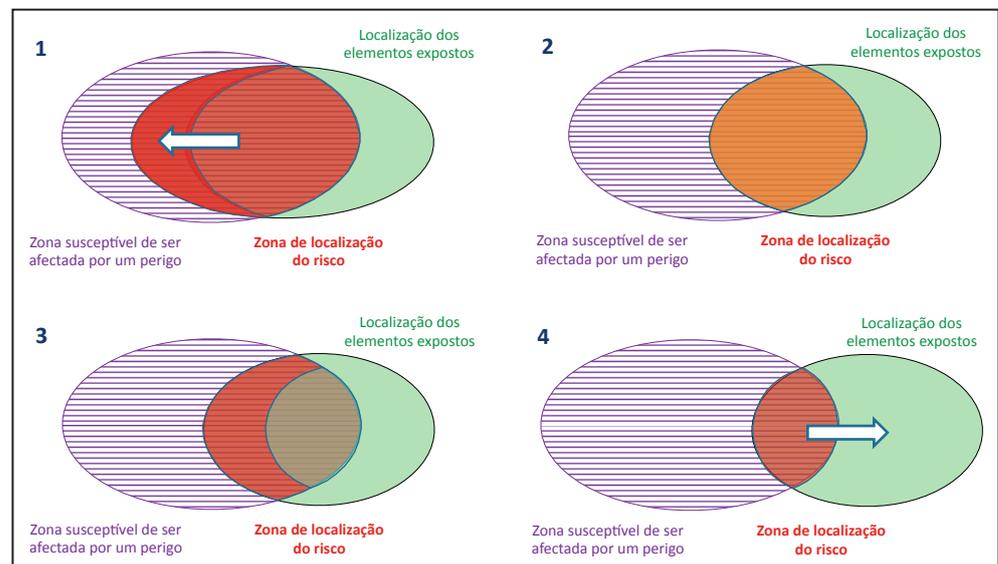
O processo de localização do risco pode ser representado da seguinte forma (Figura 32):



**Figura 32:** Localização do risco para um determinado perigo (Julião *et al.*, 2009).

As Cartas de Localização do Risco resultam, pois, da sobreposição simples da Carta de Elementos Expostos com cada uma das cartas de susceptibilidade.

Sendo assim, os planeadores e os decisores políticos dispõem da informação fundamental para a elaboração das suas estratégias de desenvolvimento, as quais, no âmbito da elaboração ou revisão de POTs e do planeamento de emergência, têm de integrar os riscos e as respectivas estratégias de mitigação, prevenção e protecção. Abre-se, pois, um quadro conceptual de opções (Figura 33) que reflecte não somente as prioridades locais, mas também a ancoragem a normativos de planeamento e ordenamento de nível superior.



**Figura 33:** Algumas opções estratégicas de resposta a um determinado Risco.

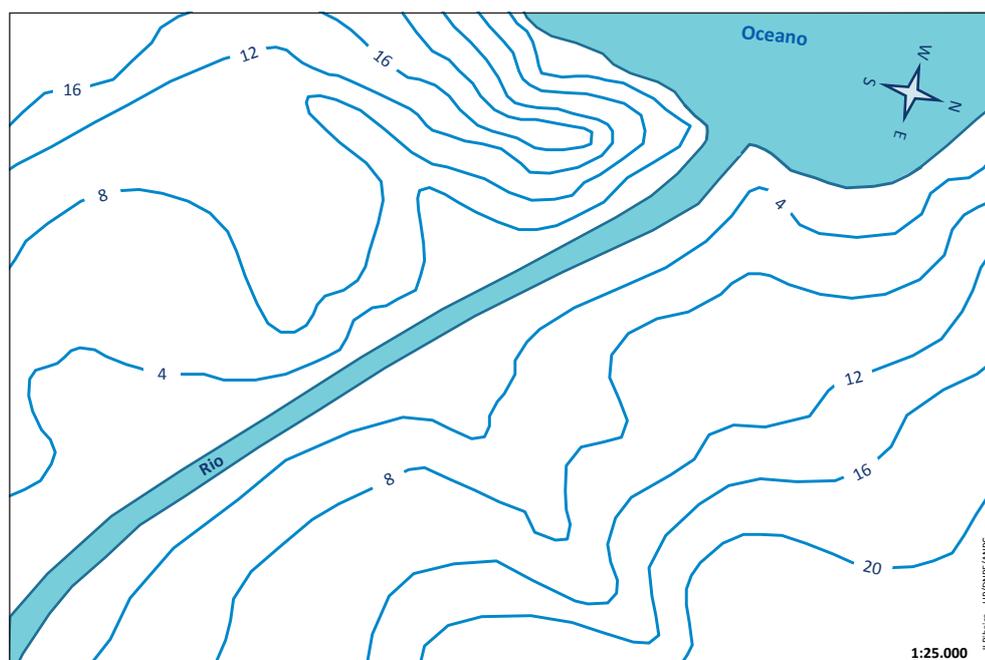
**1.** Alargamento da exposição e agravamento das condições de risco; **2.** Mitigação do risco (incluindo por prevenção e resiliência); **3.** Adaptação de estruturas e medidas de protecção eficazes para uma parte dos Elementos Expostos; **4.** Recuo e reordenamento, reduzindo a área de exposição.

Em qualquer caso, com base nesta informação, é possível ponderar:

- As vantagens comparativas de ocupação das diferentes áreas do território municipal;
- O tipo de ocupação compatível ou mais apropriado às condições de cada área;
- A localização das estruturas e equipamentos de protecção e socorro. E o seu posicionamento relativo face aos elementos expostos prioritários (estratégicos e/ou sensíveis).

Quando as interdependências são evidentes e há vantagens em avaliar dois ou mais riscos que se manifestam de forma integrada, como acontece nas inundações e galgamentos das zonas de interface entre áreas costeiras e águas oceânicas e fluviais, podem ser elaboradas cartas únicas de localização do risco de inundação que contemplam os dados específicos de susceptibilidade e o reforço holístico dos factores em jogo.

Considerando a metodologia indicada, podemos conceber um exemplo simples de uma zona costeira hipotética que tem características geomorfológicas identificadas numa determinada carta topográfica (Figura 34), a qual é completada com o edificado e a ocupação do solo existente aquando da ocorrência das maiores cheias registadas (Figura 35).



**Figura 34:** Carta topográfica de uma zona costeira hipotética.



**Figura 35:** Carta topográfica com os elementos expostos (físicos).

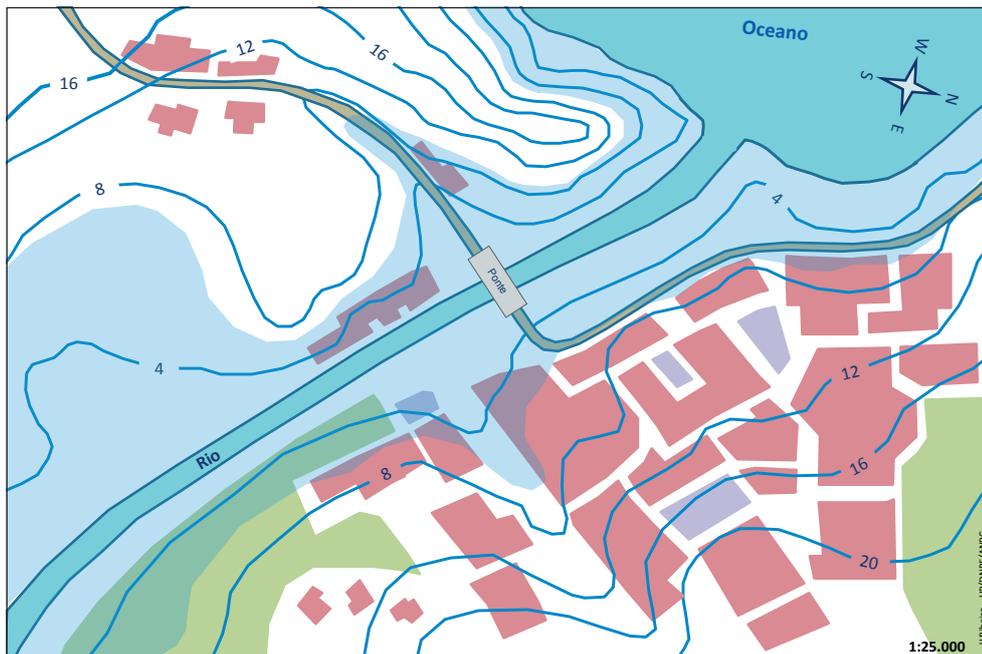
Registe-se que os elementos expostos constantes da carta devem localizar:

1. Elementos indiferenciados, os quais integram:

- Edificações e vias de comunicação constantes da carta topográfica actualizada, incluindo os que não são prioritários do ponto de vista da segurança;
- Áreas classificadas como solo urbanizável nos planos municipais de ordenamento do território em vigor.

2. Elementos humanos, cujos dados são obtidos a partir da informação estatística oficial, completada com outra informação estatística disponível e credível (nomeadamente, projecções intercensitárias). Como informação mínima neste âmbito, destaca-se a população residente total e por grupos etários e o número de edifícios e alojamentos por tipologia, função e ocupação. O sistema de informação que suporta a elaboração da Carta de Elementos Expostos deve permitir uma articulação directa com a Base Geográfica de Referência de Informação (BGR1), ao nível da subsecção estatística, de modo a que seja possível obter a distribuição geográfica da população e dos atributos mais relevantes sobre os edifícios e alojamentos, tanto para as decisões sobre o modelo territorial em sede de revisão do PDM, como para a gestão de situações de emergência e elaboração do PME.

A configuração territorial que se sugere está concebida de modo a que se perceba de imediato que existem algumas áreas ribeirinhas em risco, reforçado pelos impactes antrópicos de ocupação, como é o caso da ponte que dificulta o escoamento e facilita a inundação marginal, assim como o indício de ter havido já episódios de erosão e galgamento costeiro nas dunas da margem sul. Esses indicadores visuais de susceptibilidade são confirmados com o registo do alcance das inundações conhecidas (Figura 36).



**Figura 36:** Área inundável (registo histórico do alcance máximo de cheias).

Temos, pois, os elementos físicos expostos ao risco de inundação, havendo alguns deles que terão sido sujeitos a vários eventos de cheia, incluindo a zona verde ribeirinha e a principal via de comunicação.

Este exercício de demonstração da metodologia definida no Guia, integra agora as dinâmicas de desenvolvimento do território em causa, georreferenciando todos os elementos físicos existentes no presente (Figura 37). Supõe-se que a construção de novos edifícios, posteriormente às últimas grandes cheias, está representada com a cor laranja, existindo o alargamento da rede viária e intervenções de protecção marginal, nomeadamente esporões, muros e outros enrocamentos, bem como a artificialização de linhas de drenagem.



**Figura 37:** Alterações morfológicas e aglomerado urbano existente na zona costeira hipotética, no presente.

Observa-se que a atracção para as áreas marginais segue um padrão de ocupação que é habitual no nosso país, reforçado pelas principais acessibilidades que induzem as novas construções, aumentando o valor do solo e o acesso a aspectos únicos da paisagem costeira. Mas isso também se faz à custa de sistemas muito sensíveis, como sejam as áreas de máxima infiltração, de escoamento superficial, de erosão de cabeceiras e dos sistemas dunares longilitorais, o que introduz novos dados na análise do risco de inundação, visto numa perspectiva de conjugação dos factores hidrográficos e oceanográficos.

Analisadas todas as forças em jogo, as interacções cruzadas e as interdependências específicas (também com expressão modelar) entre os eventos meteorológicos, o regime hidrológico, a geometria da bacia, a capacidade de retenção a montante, a ocupação e impermeabilização do solo (pode ainda ser previsto o avanço de tsunamis na ocorrência de sismo em falhas oceânicas activas), avaliam-se os factores de predisposição à ocorrência de inundações e as diferentes susceptibilidades no desenho da malha urbana. Dessa forma, evidenciam-se e actualizam-se os riscos em relação à localização da globalidade dos elementos expostos (Figura 38).



**Figura 38:** Áreas inundáveis, considerando a actualização dos factores de predisposição.

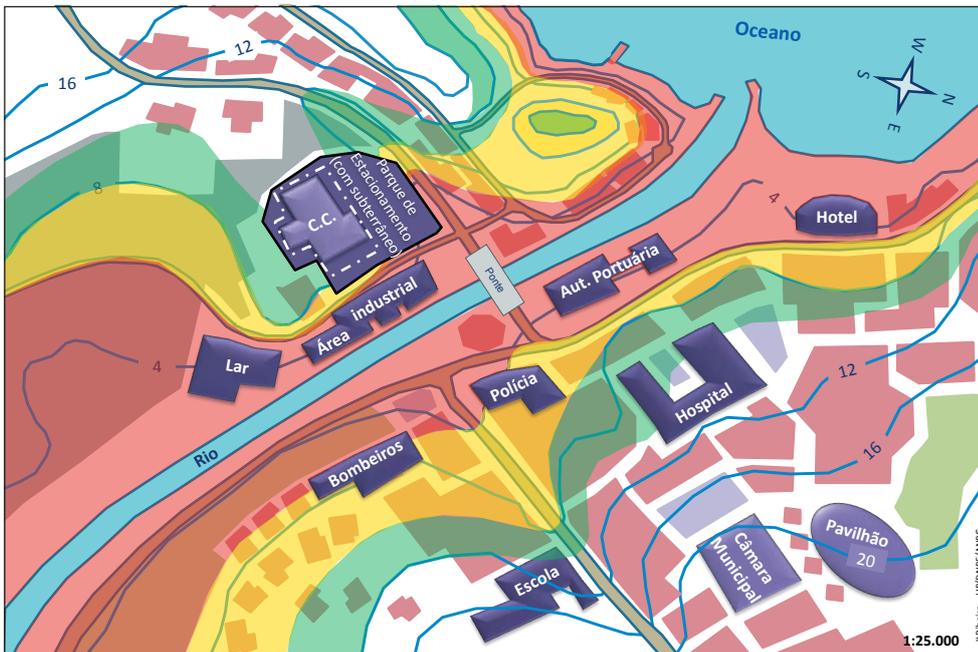
Tendo em conta a evolução dos factores de predisposição e as possíveis retroacções ambientais, bem como as indicações obtidas por modelos globais, deve prevalecer o princípio da precaução e a delimitação preventiva do risco de inundação na eventual ocorrência de eventos extremos, de tal modo que isso seja vertido na carta de susceptibilidade que refere a classificação expressa numa escala qualitativa com quatro classes (Quadro IV), a qual também tem como referência a realidade de todo o território nacional, de modo a haver harmonização de conceitos e procedimentos.

**Quadro IV:** Representação gráfica das Classes de Susceptibilidade.

Classe	Cor	R	G	B
1. Susceptibilidade Elevada	Vermelho	255	0	0
2. Susceptibilidade Moderada	Amarelo	255	255	0
3. Susceptibilidade Reduzida	Verde	0	255	0
4. Susceptibilidade nula ou não aplicável	Branco	255	255	255

O que, no nosso exemplo, tem uma expressão cartográfica condizente (Figura 39).





**Figura 40:** Localização de elementos expostos estratégicos, vitais e/ou sensíveis (EEVS).

nas condições de drenagem natural, como sejam a obstrução das áreas contíguas aos cursos de água, a impermeabilização de extensas áreas e a condução de águas pluviais por redes de colectores, nem sempre dimensionadas para fazer face a situações de precipitação anormal, sendo também maior a extensão dos prejuízos humanos e materiais que ocorrem naquelas zonas, motivados pela concentração de recursos que o seu carácter urbano determina. Seja como for, pode ser elaborada cartografia que enquadre as "ordens de classificação de Strahler" (e, eventualmente, outros índices e parâmetros de forma e de drenagem), com informação completa das bacias hidrográficas e das linhas fundamentais do relevo por onde se processa a rede de escoamentos.

Refira-se ainda que a Carta de Elementos Expostos deve ser elaborada sobre uma carta topográfica actualizada, que tenha uma exactidão posicional compatível com os requisitos que são estabelecidos para a cartografia de referência do PDM no Decreto-Regulamentar n.º 10/2009, de 29 de Maio (5 metros em planimetria e altimetria). Daí que a informação relevante para a produção da carta de elementos expostos deve ser objecto de actualização regular, no âmbito da manutenção do SIG municipal, incluindo a realização de operações de reconhecimento no terreno, sendo útil que a verificação sistemática dos elementos desta carta se efectue a cada 2 anos, correspondendo ao ciclo de actualização dos Planos Municipais de Emergência (PME).

## 7. MEDIDAS MITIGADORAS, DE PREVENÇÃO E PROTECÇÃO

Existe hoje um conjunto alargado de instrumentos comunitários e do nível jurídico interno que enquadram os impactes relacionados com o desaparecimento de espécies de flora e de fauna, a redução dos recursos marinhos, a poluição das águas, a alteração de dinâmicas sedimentares e dos regimes hidrológicos naturais, bem como a exposição de pessoas e comunidades ao risco de perdas de bens e de vidas. Nestes, assumem particular importância os Instrumentos de Gestão Territorial (IGT) como o Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT), os Planos Especiais de Ordenamento do Território (PEOT), os Planos Regionais de Ordenamento do Território (PROT) e os Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT), todos eles em articulação com os Planos de Emergência (PE) nos diferentes níveis administrativos.

A protecção de pessoas e bens e a minimização de situações de risco e de impactos ambientais, sociais e económicos também têm objectivos previstos na ENGIZC, como sejam:

- 1.** Intervir em áreas de risco associadas a fenómenos de origem natural e /ou humana, através da implementação de programas operacionais que permitam a curto prazo mitigar situações críticas com base na definição de prioridades;
- 2.** Salvaguardar as áreas vulneráveis e de risco, através da operacionalização de planos de contingência e de uma gestão adaptativa e prospectiva baseada em mecanismos de avaliação que tenham em conta a dinâmica da zona costeira;
- 3.** Promover a análise de custo-benefício, através da sua obrigatoriedade em todas as intervenções sujeitas a avaliação de impacte ambiental e ainda nas situações previstas nos instrumentos de gestão territorial;
- 4.** Articular de forma unificada os corpos especializados de intervenção em situações de emergência, através da co-responsabilização das entidades competentes, de acções de formação contínua específicas e de adequação dos meios humanos e operacionais.

É um caminho difícil de percorrer, uma vez que, por exemplo, apesar de a legislação proibir a construção em zonas de risco, não tem abrandado a consolidação, densificação e extensão das áreas construídas na zona costeira, frequentemente de uma forma caótica e sem respeito por regras essenciais de segurança. Além disso, aumenta o impacto das actividades que afectam o fornecimento de areia ao litoral; e as edificações, os espaços de lazer, as estradas e os parques de estacionamento avançam na direcção de praias, dunas, arribas e outras áreas sensíveis (sapais, por exemplo), sendo hoje necessário conceber e impor programas de retiradas e demolições.

Em todo o caso, para implementação de estratégias coerentes de planeamento de emergência e de ordenamento do território, é essencial aprofundar o conhecimento sobre:

- Os possíveis cenários da subida do nível do mar e das alterações climáticas, no que respeita a mudanças esperadas em episódios de sobrelevação meteorológica, ocorrência de eventos extremos e inundações costeiras;
- As dinâmicas dos fluxos fluviais e mareais na modelação das morfologias litorais, nomeadamente ao nível dos balanços sedimentares;
- A evolução dos habitats e ecossistemas das zonas húmidas, do litoral marinho, das arribas e dos cordões dunares;
- As mudanças operadas nas margens e zonas adjacentes do domínio hídrico, nos espaços

habitados, nas infra-estruturas e nas actividades económicas que potenciam os riscos de inundação e degradação da zona costeira e eventuais "efeitos dominó" de alcance variável.

Certamente que a própria articulação legal tem de garantir que o ordenamento e o planeamento funcional na zona costeira constitua uma avaliação permanente e sistemática do estado e do potencial da componente natural e dos impactes antrópicos no meio ambiente, bem como das possíveis alternativas de uso do solo. Além disso, o planeamento espacial deve caracterizar-se por:

- Identificar zonas que são reconhecidas no campo;
- Propor um zonamento tão simples quanto praticável;
- Minimizar, tanto quanto possível, a interferência nas actuais actividades e nos direitos de usos tradicionais;
- Identificar os tipos de usos ou actividades a eliminar em todas as áreas de protecção;
- Minimizar os conflitos, através da delimitação territorial, "buffers" de transição e acordos entre os exploradores dos recursos;
- Evitar transições bruscas entre áreas protegidas e áreas sem protecção;
- Procurar que o zonamento terrestre seja consistente e esteja de acordo com o zonamento estuarino e marinho;
- Identificar as espécies e os habitats prioritários, dando especial atenção a espécies em risco e a locais de alimentação e de reprodução.

Acima de tudo, procura-se que as adaptações funcionais e territoriais optimizem a valorização dos recursos e das potencialidades ambientais, sendo o valor relativo das parcelas, dos biótopos, dos habitats, dos seres vivos e da sua produtividade equacionado, principalmente, em termos de vulnerabilidade e da susceptibilidade aos riscos identificados.

### 7.1. Defender a costa e os recursos naturais

A revisão dos PDM é um momento decisivo para integrar as alterações climáticas e a subida do nível do mar como princípios de ordenamento do território associados a um estatuto *non aedificandi* para salvaguarda das situações de risco nos troços de maior vulnerabilidade. Simultaneamente, deve ser desenvolvida uma base de dados com a caracterização dos usos e actividades existentes na margem, promovendo acções de reposição da legalidade relativas às ocupações do Domínio Hídrico, com prioridade para o DPM. E, nessa medida, devem ser enquadradas todas as novas obras de defesa costeira que se demonstrem importantes, em análises multi-critério e do custo-benefício das intervenções.

Por outro lado, é importante verter no PDM princípios consagrados nos POOC para a ocupação, uso e transformação da zona terrestre de protecção:

- As edificações devem ser afastadas, tanto quanto possível da linha de costa;
- A ocupação urbana próxima do litoral deve ser desenvolvida, preferencialmente, em forma de "cunha", ou seja, estreitar na proximidade da costa e alargar para o interior do território;
- Não deve ser permitida qualquer construção em zonas de elevados riscos naturais, tais como:
  - a) Zona de drenagem natural;
  - b) Zonas com risco de erosão intensa;
  - c) Zonas sujeitas a abatimento, escorregamento, avalanchas ou outras situações de instabilidade.

- Deve evitar-se a abertura de estradas paralelas à linha de costa;
- A transposição de dunas costeiras deve ser limitada à circulação pedonal, a efectuar através de estruturas amovíveis sobrelevadas e colocadas perpendicularmente à direcção dos ventos dominantes, aproveitando as passagens naturais;
- As superfícies impermeabilizadas das novas áreas urbanas devem restringir-se ao mínimo indispensável, de modo a permitir a máxima infiltração de águas pluviais.

Complementarmente, o planeamento urbano constitui um contributo importante na preparação das medidas preventivas e de formas de actuação em caso de emergência, sendo importante referir o n.º 3 do artigo 2º do Decreto-Lei nº 364/98 que diz:

“Os regulamentos dos PMOT devem estabelecer as restrições necessárias para fazer face ao risco de cheia, designadamente, nos seguintes termos:

- a) Nos espaços urbanos, minimizando os efeitos das cheias, através de normas específicas para a edificação, sistemas de protecção e de drenagem e medidas para a manutenção e recuperação das condições de permeabilidade dos solos;
- b) Nos espaços urbanizáveis, proibindo ou condicionando a edificação.”

Este instrumento, no seu artigo 4º, aponta para a clarificação das zonas de risco: “Quando os terrenos objecto de licenciamento de operações de loteamento, de obras de urbanização ou de obras particulares se insiram, total ou parcialmente, em zonas inundáveis, os alvarás devem conter, obrigatoriamente, a menção deste facto.”

Mais ambicioso é certamente o artigo 40º da Lei da Água, ao definir como medidas de protecção a obrigatoriedade de delimitar as áreas em que é proibida a edificação e aquelas em que a edificação é condicionada para segurança de pessoas e bens. Além disso, essas áreas ficam sujeitas às interdições e restrições previstas para as zonas adjacentes, sendo os IGT a estabelecer as restrições necessárias para reduzir o risco e os efeitos das cheias, nomeadamente que as cotas dos pisos inferiores das edificações sejam superiores à cota local da máxima cheia conhecida.

Mas é certamente com a transposição da Directiva 2007/60/CE que a articulação entre instrumentos de gestão territorial e de emergência fica melhor definida, uma vez que se cria a figura dos Planos de Gestão dos Riscos de Inundações que obrigam a adaptações em conformidade por parte dos planos especiais e municipais de ordenamento do território. É ainda justificado que a delimitação da REN possa ser alterada em conformidade com o disposto naqueles planos.

Seja como for, a mitigação e a prevenção de impactes deve começar a montante, na preservação dos espaços naturais e acomodação de actividades ligadas ao mar, com relevo para os seguintes objectivos:

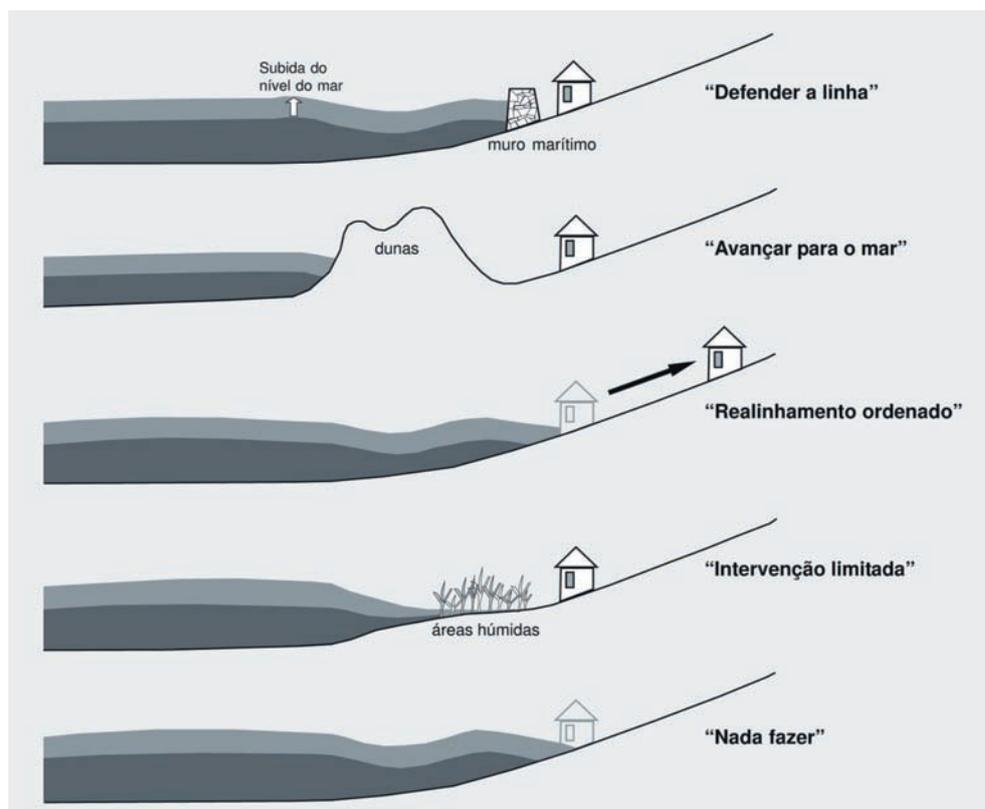
- Manter em estado próximo do natural a maior parte das zonas húmidas, estuarinas e lagunares;
- Impedir a ocupação com habitação nas áreas delimitadas de protecção;
- Condicionar as captações de água subterrânea muito próximo do litoral, de modo a evitar a intrusão salina;
- Condicionar a implantação de estações depuradoras, incluindo de explorações agrícolas e pecuárias, em áreas de aquacultura, salicultura e captação de espécies para consumo humano;

- Condicionar as instalações industriais em áreas de drenagem para as águas de transição, sobretudo nos sectores com menor escoamento e renovação mareal (caso das lagoas costeiras);
- Controlar as movimentações de terras, nomeadamente de areias, devendo ser eliminadas as extracções em praias e em dunas;
- Recolocar no trânsito litoral os sedimentos retirados pela dragagem de canais de acesso aos portos, acompanhado por sistema de monitorização físico-química;
- Facilitar a transposição de areias nas barras portuárias para sotamar das correntes de deriva sedimentar, sobretudo quando se verifica saturação artificial a barlamar;
- Limitar a construção de estradas marginais e a intensidade de tráfego, procurando que os acessos se façam perpendicularmente à linha da costa;
- Localizar o estacionamento de apoio atrás das zonas de praias e de dunas;
- Impedir a abertura de novas vias em terreno escarpado próximo do mar, em arribas, em cordões dunares e em zonas lagunares;
- Abdicar do reforço das defesas costeiras, quando não for essencial para a protecção das comunidades, optando por desviar vias e transferir construções em zonas de risco.

Este último aspecto obriga à avaliação integrada, não somente da poupança de recursos financeiros nas obras de protecção e na recuperação de sistemas naturais, mas também dos custos sociais envolvidos. Usualmente, as medidas de adaptação previstas compreendem:

- A protecção, que está associada ao declínio das funções naturais e aposta na diminuição da probabilidade de ocorrência de inundações, através da construção de estruturas pesadas como muros marítimos, esporões, molhes e quebra-mares;
- A retirada, que acompanha o realinhamento ordenado e é facilitada com recurso ao DPM, mas pode implicar indemnizações elevadas, embora haja pressões que também a possam forçar, como a perda de seguros, ou o aumento do seu custo;
- A acomodação, que implica permanecer mas alterar o uso do solo, modificar sistemas de drenagem e agir activamente na conservação e recuperação de sistemas naturais.

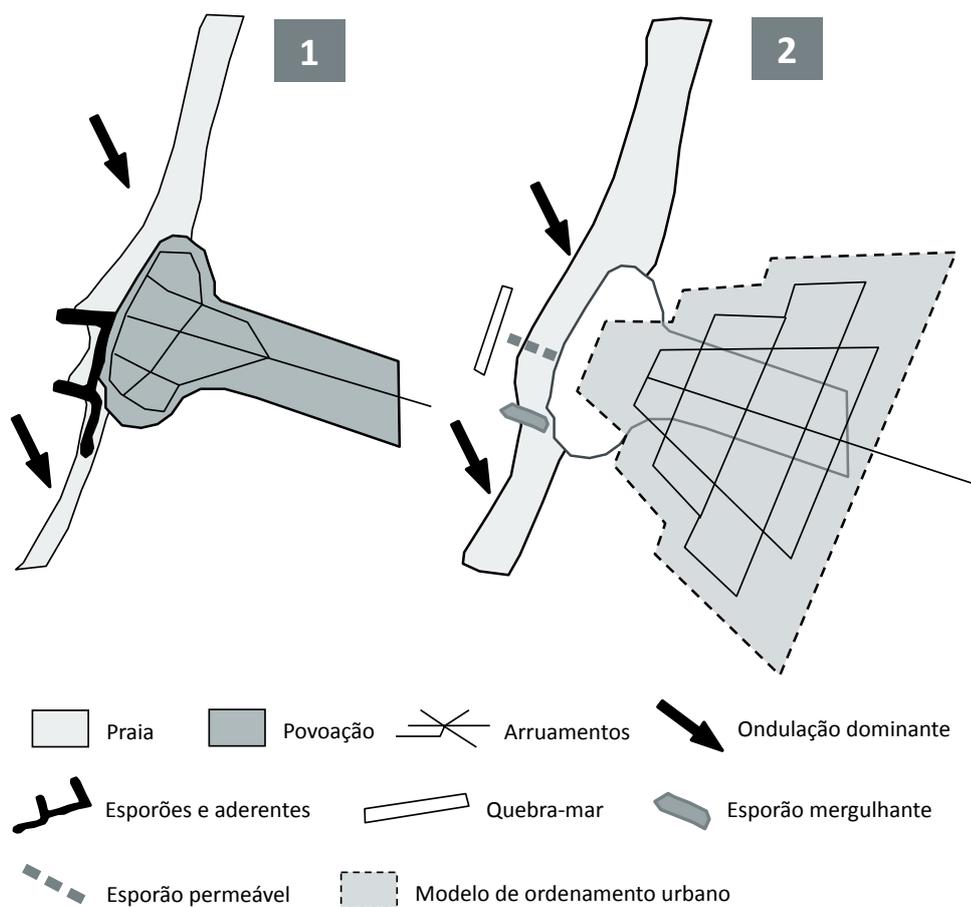
As acções devem adaptar-se às condições particulares de cada sector costeiro, tal como prevê o programa EUROSION, da Comissão Europeia, que contempla algumas opções políticas possíveis para enfrentar a erosão costeira, incluindo o avanço para o mar, ou, no oposto, nada fazer para contrariar as inundações, deixando ao critério de cada um o risco de permanecer ou abandonar os bens imóveis (Figura 41).



**Figura 41:** Opções políticas básicas previstas na iniciativa EUROSION, como resposta à subida do nível do mar (adaptado de Lombardo *et al.*, 2002).

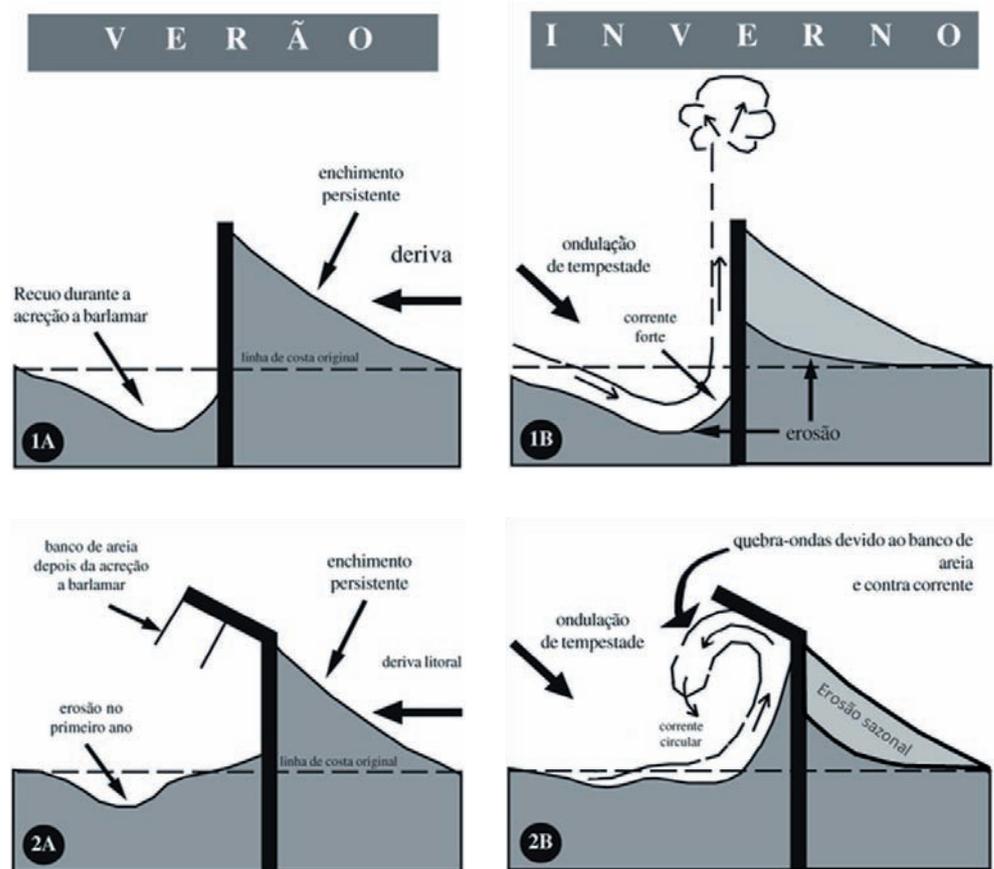
A discussão de alternativas centra-se na compatibilização de medidas de protecção pesada com a alimentação artificial de praias, ou a restauração de dunas, o que implica um conhecimento profundo das dinâmicas oceanográficas e atmosféricas (eólicas) e das espécies e associações vegetais mais apropriadas a cada caso. Isto apesar de se constatar que a alimentação artificial de praias é muito dispendiosa e tem um carácter temporário indiscutível.

Face aos sintomas de subida do nível do mar e o incremento das vagas de tempestade, surgem obras litorais para controlar os seus efeitos, mas, elas próprias, têm provocado impactes importantes. Há, no entanto, alternativas eficazes às intervenções que vêm sendo efectuadas, principalmente no que respeita às obras de tipo esporão e enrocamentos frontais, como é o caso, por exemplo, dos quebra-mares submersos que dominam a energia das grandes vagas mas deixam passar as pequenas ondas e evitam a interrupção da transferência sedimentar no litoral. Uma situação favorável que também é propiciada por esporões permeáveis e mergulhantes, a par de outras medidas preventivas de ordenamento que afastam os equipamentos urbanos da frente marítima, seguindo a já referida estratégia de crescimento urbano “em cunha” (Figura 42).



**Figura 42:** Situação comum na expansão urbana e protecção das frentes costeiras (1); e alternativas às estruturas habituais e de ordenamento urbano (2).  
Adaptado de PROT-CL, 1995 e Ribeiro, 2001.

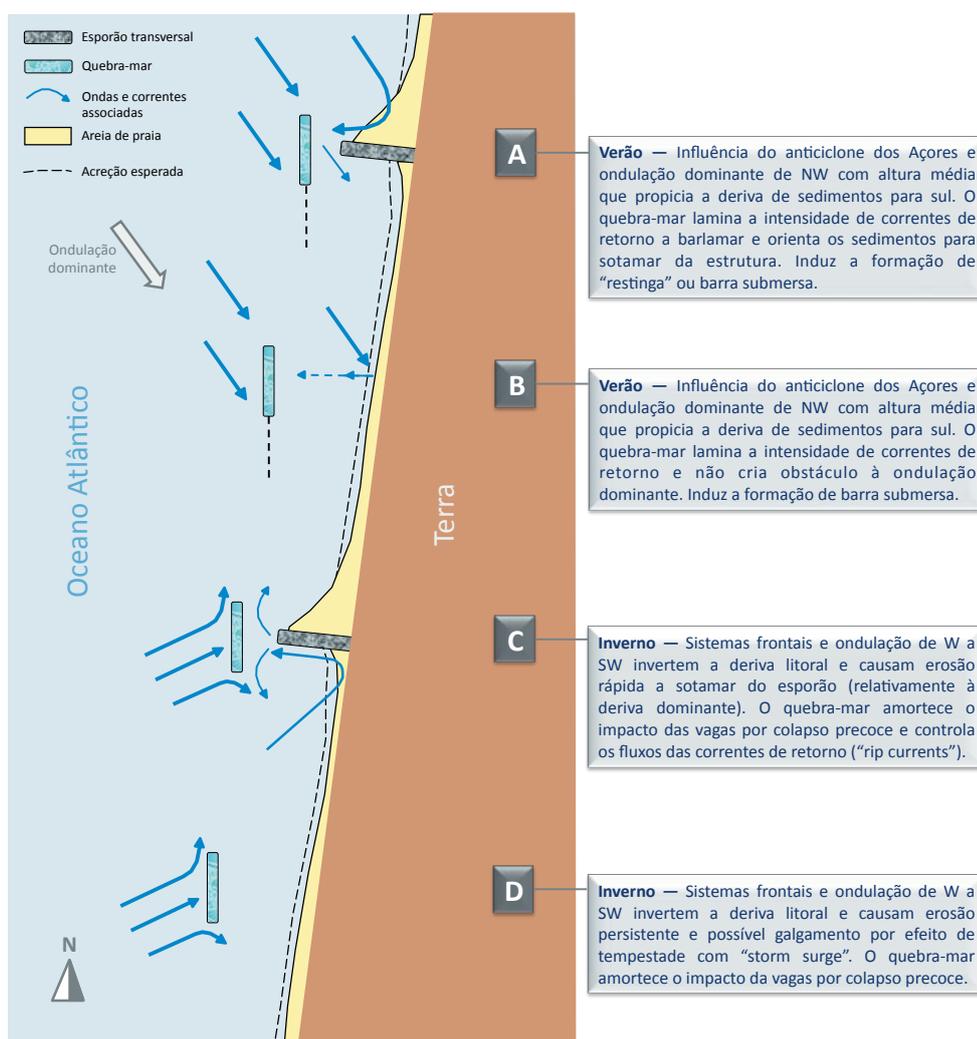
A este respeito, é conveniente realçar a evolução do balanço sedimentar num esporão sujeito ao ataque da ondulação de sotamar, em relação à deriva dominante. Como vimos, a instalação de um esporão, ou campo de esporões, visa proteger uma frente urbana, acabando por reforçar a acumulação de areias a barlar e enfraquecer os sectores de praias e dunas a sotamar. Habitualmente, são pequenas obras transversais (na ordem das dezenas de metros de comprimento) que provocam grandes impactes na faixa costeira. Por isso, urge encontrar soluções rápidas e viáveis para o problema (ver sugestão na Figura 43), porque a situação actual potencia a perda de habitats e recursos insubstituíveis; porque coloca em risco pessoas e bens públicos e privados; e porque é muito elevado o investimento que se tem feito na protecção pesada e na sua manutenção.



**Figura 43:** Balanço sedimentar em esporão sujeito a ataque bi-direccional da ondulação, em condições semelhantes às da costa portuguesa (1); e uma possível solução (2) adequada à dinâmica costeira (Adaptado de Viles & Spencer, 1995).

No frenesim das obras de protecção, muitos esquecem que é fundamental manter a deriva litoral em funcionamento, bem como as dinâmicas de troca (erosão e acreção) entre os ambientes emersos e submersos. Somente assim é possível manter o sistema litoral "vivo", considerando, entre outros factores, a orientação da linha costeira relativamente à ondulação incidente, a batimetria e a estrutura dos fundos marinhos. Ou seja, as considerações que evitariam produzir distúrbios acentuados que levam, invariavelmente, à construção de mais esporões e muros marítimos aderentes e ao aumento dos riscos de erosão, de inundação e de perda de recursos.

Numa simulação mais abrangente, realça-se o papel das estruturas de quebra-mar submersas (Figura 44). Estas podem ser as mais adequadas em troços sujeitos a dinâmicas de erosão induzidas por obras costeiras, uma vez que se adaptam às condições locais, promovem a sedimentação nos sectores onde é mais necessária e complementam outras intervenções específicas de recuperação, como a defesa do ecossistema dunar e dos habitats de interface mareal. No exemplo apresentado, a instalação de quebra-mares é adequada a uma zona costeira com ondulação dominante de NW, sem modificar as estruturas antrópicas existentes.



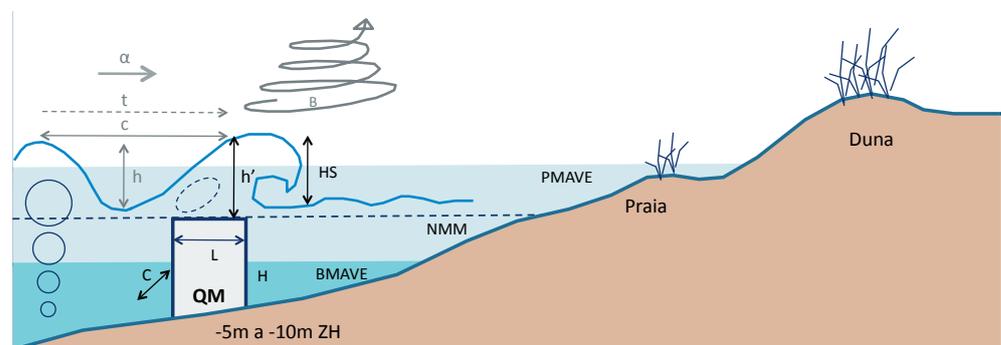
**Figura 44:** Instalação de quebra-mares submersos no litoral próximo da faixa costeira do Centro e Norte de Portugal, sob dinâmica erosiva e protegida por esporões transversais. As simulações referem condições prevalecentes no Inverno e no Verão (adaptado de Ribeiro, 2006).

De entre os efeitos previstos, salienta-se a criação de zonas com menor hidrodinâmica sobre as praias e dunas (preservando os sectores fragilizados) nos períodos de maior agitação marítima, o controlo de correntes de retorno (“rip currents”) e o incremento da deriva litoral e da sedimentação costeira. Registe-se que, no período mais longo, o da deriva dominante de NW, os quebra-mares promovem a formação de barras submersas no litoral próximo que vão, elas próprias, actuar como barreiras protectoras nos períodos de maior agitação, ao mesmo tempo que constituem uma fonte renovável de sedimentos.

Em todo o caso, há muitos outros aspectos a ter em conta na escolha da melhor localização de um quebra-mar, como sejam a dimensão, a forma e a orientação desse quebra-mar, de modo a facilitar o trânsito de sedimentos e a evitar a formação de bancos, tómbolos ou vorticidades indesejadas nas correntes afluentes, adaptando estas estruturas às dinâmicas de troca intermareal de sedimentos e do transporte eólico para as dunas embrionárias.

Os quebra-mares devem ser colocados a uma distância que evite a formação de aderências à linha costeira (estas poderiam comportar-se temporariamente como novos esporões). Por outro lado, terão de ser eficazes na laminação da energia das ondas e criar zonas de sombra relativamente à agitação marítima extrema, o que não permite que sejam implantados em batimetrias elevadas e com grande afastamento da linha de costa, até pelos custos financeiros associados. Além disso, há certos aspectos a considerar nos modelos de localização (ver jogo de factores na Figura 45):

- O regime da ondulação ( $h$ ,  $c$  e  $t$ ), a sobrelevação do nível do mar ( $B$ ) e as alturas significativas ( $HS$ ) das ondas podem impor que o quebra-mar fique emerso, pelo menos a partir do nível médio do mar, de modo a que possa haver o efeito indutor desejado no colapso das grandes ondas;
- A largura do quebra-mar terá de ser suficiente para criar atrito e inflexão das ondas.



**Figura 45:** Esboço dos factores que condicionam a distância litoral e a profundidade na implantação de um quebra-mar submerso, onde: **BMAVE** - Baixa-Mar de Águas Vivas Equinociais; **NMM** - Nível Médio do Mar; **PMAVE** - Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais; **h** - altura da onda; **c** - comprimento da onda; **t** - período da onda;  $\alpha$  - ângulo de incidência das ondas; **HS** - altura significativa da onda; **h'** - altura da onda acima do topo do quebra-mar; **QM** - Quebra-Mar; **L** - largura do quebra-mar; **C** - Comprimento do quebra-mar; **H** - altura do quebra-mar; **ZH** - Zero Hidrográfico; **B** - Baixa Pressão.

Por outro lado, é importante perceber que a agitação marítima de W-SW, normalmente associada a sistemas depressionários que acentuam a sobrelevação do nível do mar, é a mesma que tem capacidade para mobilizar sedimentos em grande quantidade, desde as profundidades de fecho, em direcção a terra. Aliás, tudo indica que essa é uma das principais fontes de alimentação das correntes de deriva, mesmo em períodos mais calmos (quando domina a agitação marítima de NW).

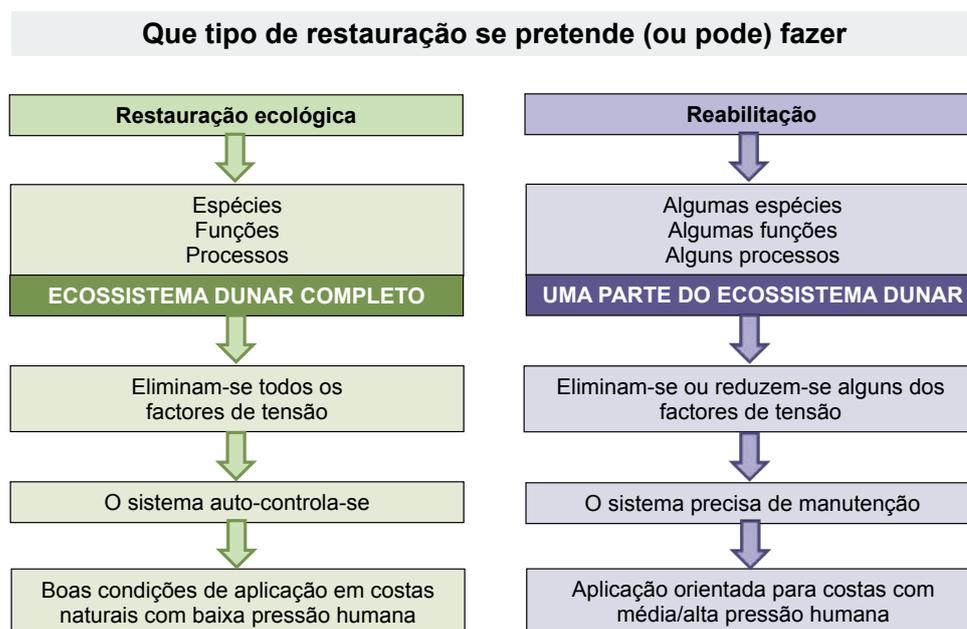
Complementarmente, os quebra-mares podem ser utilizados para a instalação de unidades de produção de energia eólica no "off shore" e campos de recifes artificiais que beneficiam das condições de protecção e de fluxos que promovem simultaneamente a circulação e a deposição, sendo, neste caso, construídos por blocos não agregados e permeáveis às correntes. De resto, do lado da terra, o facto de se alcançar maior estabilidade não significa incentivo à urbanização, devendo ser proibida a construção perto da linha de costa e limitados os acessos directos às dunas e praias. Daí a importância de, na maioria dos casos, se manter o conceito de "natureza de praia" como preventivo de futuras iniciativas de ocupação da actual faixa costeira.

No que respeita à segurança promovida pelo reforço do sistema dunar costeiro, deve ser desenvolvida e coordenada investigação regional sobre as características de cada ecossistema, com implementação das medidas que se mostrem mais adequadas, desde as barreiras que evitem o acesso motorizado às praias, até às passagens sobrelevadas que impeçam o pisoteio nas áreas mais frequentadas e facilitem a modelação eólica (Fotos 15A e 15B), passando pelo possível trabalho prévio de captadores de areia, desde que adequados às dinâmicas eólicas e à posterior plantação das espécies melhor adaptadas à intensidade do vento, à altura e à mobilidade das dunas, ao enterramento e ao "spray" salino.



**Fotos 15A e 15B:** Estruturas de protecção sobre dunas costeiras: A – Duna larga dissipativa e móvel, exposta aos ventos e intempéries (Praia de Quiaios); B – Duna estreita, reflexiva, com estabilização artificial de areias por espécies arbustivas e arbóreas (Tróia).

Este é um dos aspectos de primeira importância para a preservação dos ecossistemas litorais, dos seus recursos e do equilíbrio paisagístico. Muitos troços costeiros encontram-se em situação de degradação progressiva e é necessário definir claramente uma estratégia de intervenção para cada sector que contemple o tipo e o grau de exposição a que se encontra sujeito (Figura 46). Desejavelmente, devem ser implementadas medidas de restauração ecológica que aproximem os sistemas ao seu equilíbrio natural, mas, frequentemente, a pressão antrópica não permite atingir esse objectivo e então é preferível optar por planos de reabilitação que são mais dispendiosos a longo prazo, mas igualmente inadiáveis.

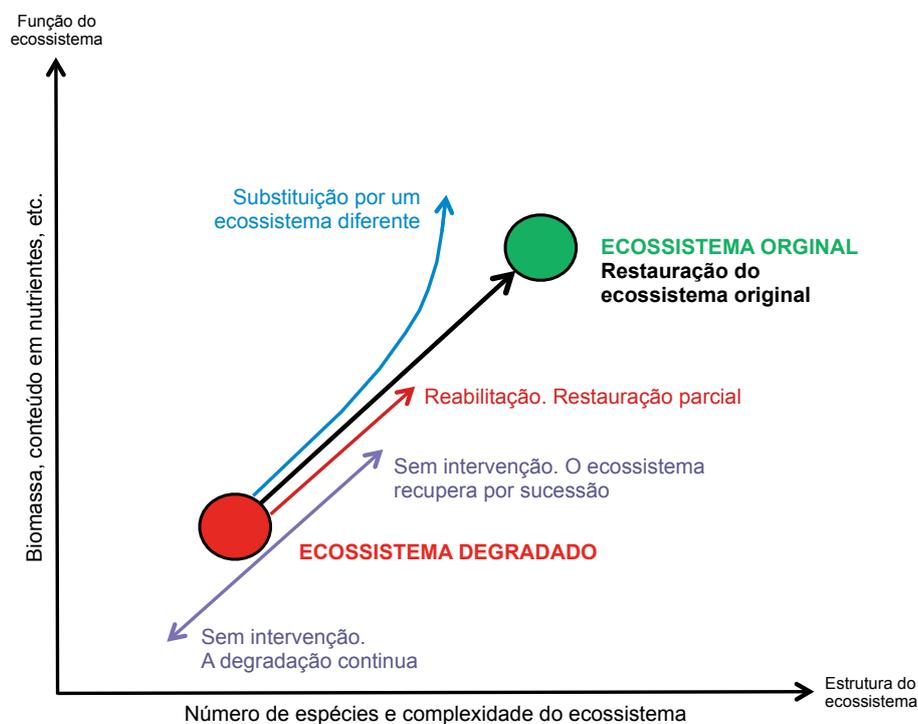


**Figura 46:** Opções de intervenção em sistemas dunares degradados ou fragilizados, considerando a pressão antrópica (adaptado de Seoane *et al.*, 2007).

O conceito de duna costeira tem mais a ver com sistemas de grande mobilidade, sujeitos a avanços e recuos na deposição de areias, do que à imagem de rígida estabilidade que muitos pretendem impor no litoral. Daí que o avanço da colonização do feno-das-areias (*Elymus farctus*) nas dunas embrionárias e a fixação do estorno (*Ammophila arenaria*) na duna frontal sejam processos importantes do ponto de vista da promoção do crescimento dunar, mas também como componentes de um sistema de trocas entre o mar e a terra que se caracteriza por períodos de acreção e outros de erosão. Aliás, se se compreender o mecanismo das trocas de volumes de sedimentos que ocorrem entre as áreas emersas e submersas das praias e a mobilidade transversal e lateral nos campos dunares e nas barras submersas, porventura seriam menos dramáticas as conclusões sobre os danos dos eventos extremos e seria dada mais atenção aos ajustamentos que o sistema costeiro vai produzindo no processo contínuo de reajustamento e reequilíbrio das forças em jogo. O que significa, também, tomar consciência das tensões e dos previsíveis momentos críticos, organizando as respostas adequadas de acomodação estrutural e de emergência operacional.

Há, pois, que ter em atenção a forma como são realizadas as intervenções de protecção pesada e as mais consensuais iniciativas de restauração, nomeadamente a reconstrução dunar e a revegetação, uma vez que, quando se promove o excessivo reforço das dunas frontais, elas podem vir a comportar-se como muros marítimos resistentes, se forem sujeitas à acção das vagas de tempestade, o que afecta o equilíbrio sedimentar das praias, porque a própria duna perdeu o seu carácter de flexibilidade. Já nas zonas mais recuadas, a diversidade florística natural das dunas estabilizadas é essencial, tanto para manter o equilíbrio de fluxos entre a superfície e o lençol freático como para contrariar o risco de incêndios, havendo alternativas de ordenamento ambiental e florestal que podem passar pela extracção de acácias (*Acacia longifolia*) e de uma parte dos pinheiros (*Pinus pinaster*) e a plantação de pirófitas, como o sobreiro (*Quercus suber*); e, numa perspectiva complementar, a ocupação de

depressões com espécies higrófilas que ajudam a manter a toalha freática próxima da superfície. Em qualquer caso, a orientação estratégica das intervenções, ou a ausência de medidas, tem sempre em vista alcançar estados de equilíbrio ou de rotura que devem estar globalmente previstos e caracterizados (Figura 47).



**Figura 47:** Várias hipóteses de evolução de um ecossistema dunar degradado (adaptado de Bradshaw, 1990).

Quanto à alimentação artificial de praias, tão divulgado e com intervenções de eficácia duvidosa, deve ter-se em conta que é um processo que apresenta enormes dificuldades técnicas, custos financeiros elevados e riscos naturais, uma vez que:

- O material tem de estar tão próximo quanto possível, pelo tamanho e natureza, daquele que constitui a praia a alimentar. Se for mais fino, dispersa-se rapidamente pelas vagas (situação que ocorre com grande parte dos dragados dos estuários);
- As areias podem ser dragadas em frente da costa, mas sempre a mais de 20 metros de profundidade para não perturbar o avanço da praia que queremos restaurar e, também, para reduzir o impacto na fauna e na flora subaquáticas;
- A alimentação de praias com areias de dunas apenas é viável pontualmente e traz sempre importantes impactes ambientais;
- A transposição de areias por bombagem nos molhes portuários ("by pass") obriga à existência de equipamento adequado e dispendioso, sendo a operação de aspiração de areias de barlamar para sotamar realizada com a regularidade permitida pelas condições atmosféricas e da agitação marítima e dos fluxos sedimentares disponíveis.

Daí que o Regime de Utilização dos Recursos Hídricos (Decreto-Lei n.º 226-A/2007) aponte os seguintes requisitos específicos na recarga de praias e assoreamentos artificiais (art.º 69º):

1. A recarga de praias e assoreamentos artificiais com o objectivo de criar condições para a prática balnear só podem ocorrer nas áreas identificadas em plano e são complementadas por um programa de monitorização que permita avaliar a evolução da intervenção.
2. Na recarga de praias e assoreamentos artificiais com vista à utilização balnear só podem ser utilizados materiais que se insiram na classe de qualidade 1, definida na portaria a que se refere a subalínea ii) da alínea a) do nº 3 do artigo 14.º do presente decreto-lei e desde que apresentem granulometria compatível com a praia receptora.
3. Na ausência de planos, a recarga de praias e assoreamentos artificiais só podem ocorrer por razões de defesa costeira ou de pessoas e bens.

Por outro lado, nas intervenções de protecção, uso e transformação de usos está sempre subjacente a qualidade dos recursos hídricos, muito afectados pelos efeitos cruzados de obras costeiras, drenagens marginais e acidentes de poluição. Nos principais impactes, salienta-se a exploração aleatória e excessiva dos aquíferos costeiros, o que leva ao acentuado rebaixamento dos níveis piezométricos, fazendo diminuir a rendibilidade das captações e provocando a inversão do fluxo subterrâneo, o possível avanço para o interior do interface água doce-água salgada e a consequente intrusão salina. Além disso, a qualidade da água é severamente afectada pelas actividades económicas nas áreas distais e portuárias, com especial destaque para os derrames de hidrocarbonetos, lavagens de areias, efluentes urbanos e industriais e realização de dragagens de manutenção. No caso das dragagens, devem ser respeitados os normativos internacionais de regulação, de precaução, de monitorização e de controlo rigoroso dos fluxos de turbidez, nomeadamente orientando as tarefas de dragagem para os períodos de vazante que são menos perigosos para os meios aquáticos pouco dinâmicos e promovem a dispersão de plumas de poluição no oceano aberto.

Um dos aspectos mais preocupantes prende-se com o excesso de matéria orgânica existente nas águas costeiras e litorais e a progressiva eutrofização dessas águas que, entre outros impactes, proporciona o aumento das biotoxinas produzidas por dinoflagelados e diatomáceas, bem como pelos "blooms" de cianobactérias, as quais se disseminam pelas populações de zooplâncton, moluscos, mariscos e peixes, acabando por afectar os consumidores humanos. Deve ter-se consciência que essas biotoxinas são muito perigosas, podendo conduzir à morte em casos mais graves, ou provocar desarranjos hepáticos e gastrointestinais, cancro, efeitos neurológicos, irritações de olhos e pele, entre outros. Ora, estes "blooms" têm aumentado com o aquecimento e o aumento das secas, sendo mais intensos no Verão, quando também se verifica o aumento da contaminação microbiológica da água do mar, devido à maior carga de lixo e resíduos aí descarregados e aos efluentes que fluem nos rios e nos estuários, permanecendo no litoral próximo.

No mesmo sentido vão as medidas contra acidentes graves de poluição, previstas no art.º 42º da Lei da Água, como sejam:

1. Nos programas de prevenção e de combate a acidentes graves de poluição, nomeadamente os constantes dos planos de recursos hídricos, devem ser:
  - a) Identificados e avaliados os riscos de poluição de todas as fontes potenciais, nomeadamente unidades industriais, estações de tratamento de águas residuais e antigas minas abandonadas, depósitos de resíduos e circulação de veículos de transporte de substâncias de risco;

- b) Identificadas todas as utilizações que possam ser postas em risco por eventuais acidentes de poluição, muito em particular as origens para abastecimento de água que sirvam aglomerados mais populosos;
- c) Definidas as medidas destinadas às diversas situações previsíveis nos sectores de actividade de maior risco e os respectivos mecanismos de implementação, estruturadas de acordo com os níveis de gravidade da ocorrência e da importância dos recursos em risco.

2. Deve ser estabelecido um sistema de aviso e alerta, com níveis de actuação de acordo com o previsto nos programas, cabendo em primeiro lugar à entidade responsável pelo acidente a obrigação de alertar as autoridades competentes.

3. As águas devem ser especialmente protegidas contra acidentes graves de poluição, de forma a salvaguardar a qualidade dos recursos hídricos e dos ecossistemas, bem como a segurança de pessoas e bens.

De entre as medidas que podem aumentar o controlo e a eficácia de acções integradas para a melhoria da qualidade dos recursos hídricos costeiros e litorais, salientam-se:

- Restrições ao uso de produtos de limpeza que contenham fosfatos e compostos potenciadores da eutrofização dos meios aquáticos;
- Remoção de nitratos e fosfatos nas estações de tratamento de águas residuais (ETARs);
- Controlo das drenagens provenientes dos campos agrícolas e de engorda de animais, unidades industriais, tanques sépticos e outras fontes difusoras de nutrientes;
- Campanhas públicas de educação ambiental que evitem a utilização de produtos ecologicamente perigosos (lixívias, detergentes amoniacais, ácidos, diluentes, insecticidas) que, quando introduzidos nos esgotos, causam distúrbios nas bactérias decompositoras e noutros organismos dos sistemas aquáticos.

É evidente que as preocupações com a qualidade da água não se limitam aos meios de águas doces e conquícolas, directamente afectados pelo consumo e pela drenagem de águas residuais. Também a água das praias obedece hoje a padrões internacionais em grande parte difíceis de atingir, tantas são as fontes de poluição que afectam a ecologia natural da faixa costeira. Seja como for, a União Europeia recomenda níveis limite para as bactérias e vírus existentes nas praias, havendo aí um campo de actuação das autoridades municipais na diminuição das cargas de resíduos nas praias e nas dunas, na eliminação de lixeiras e esgotos a céu aberto e na planificação do uso e ocupação dos solos marginais.

Por outro lado, as zonas costeiras estão especialmente expostas a acidentes de poluição no mar, principalmente os que têm origem no tráfego marítimo e no transporte de substâncias perigosas. Daí que seja importante a transposição para a ordem jurídica nacional da Directiva 2009/17/CE que reforça o acompanhamento de navios através do sistema comunitário de intercâmbio de informações marítimas (SafeSeaNet), para a redução dos riscos de acidente e de poluição, melhorando a capacidade de resposta das autoridades, quer na prevenção, na detecção e no combate a poluição causada pelos navios quer nas operações de busca e salvamento.

## 7.2. Gestão, ordenamento e segurança

A ocupação e a transformação de usos da zona costeira têm criado condições de profunda artificialização das paisagens litorais, perda de habitats e recursos naturais, alterações nas dinâmicas atmosféricas, aquáticas e sedimentares e crescimento potencial e real dos riscos naturais associados a zonas de erosão, de inundação, ou sujeitas a movimentos de vertentes e outros movimentos de massa.

O edifício legislativo tem vindo a ser construído no sentido de dar uma visão integrada e coerente de todos os aspectos que estão em jogo quando se aborda o tema dos riscos costeiros, criando mecanismos de operacionalidade mais eficazes que permitam às autoridades corrigir e orientar o usufruto do território por parte de todos os cidadãos. Nessa medida, ficam definidas delimitações mais precisas da orla costeira e do litoral, sem prejuízo dos seus aspectos evolutivos que permitem ao Estado reclassificar áreas em função do seu interesse público.

Os regimes criados para as zonas protegidas visam estabelecer um conjunto de regras de aceitação universal que implicam a proibição de determinados procedimentos atentatórios, a definição de normas de localização e construtivas e a orientação pedagógica para novas atitudes, sabendo que compete aos organismos da tutela tomar as medidas de precaução, prevenção e mitigação que se revelem mais ajustadas à resolução de problemas complexos que, normalmente, ultrapassam o âmbito restrito das intervenções. Nestas, incluem-se o estabelecimento de faixas de protecção livres de qualquer uso, expropriações de terrenos, interdição ou condicionamento de actividades e edificações e, em último caso, embargos e demolições de estruturas para salvaguarda dos sistemas e da segurança de pessoas, bens e meio ambiente.

Mesmo a circulação, os acessos e o estacionamento no domínio público hídrico são condicionados pelo cumprimento de normas específicas de prevenção, apontando sempre a possibilidade da intervenção correctiva. Esta deve seguir as boas práticas internacionais e obter o conhecimento profundo da realidade que, antes de mais, se sustenta em procedimentos de monitorização, cientificamente validados, nos quais se avaliam as dinâmicas costeiras e se fundamentam as opções de ordenamento e as medidas de protecção para os diferentes sistemas em jogo, com as adaptações legais que se impõem.

Prioritariamente, as medidas adoptadas para a protecção de pessoas e bens devem ser dirigidas para as praias de uso balnear e ocupações com edifícios e equipamentos imóveis, amovíveis e móveis, como sejam, respectivamente, edificações definitivas, equipamentos de apoio com ocupação sazonal e potencialmente deslocável, e veículos e serviços móveis junto dos banhistas e outros utilizadores das praias. As principais medidas referem-se a:

- Avaliar e classificar as condições de estabilidade de arribas, dunas e estruturas de protecção, os acessos e possíveis situações de perigo, segundo classes de susceptibilidade, sinalizando de forma visível e harmonizada, a envolvente e os sectores em risco, de modo a responsabilizar os cidadãos pela sua autoprotecção;
- Identificar as situações de uso e ocupação que estejam abrangidas pelo estipulado para as distâncias de segurança, como é o caso do sopé e do topo das arribas, delimitando os perímetros de áreas non aedificandi, e sujeitas a restrições e condicionamentos, nomeadamente edificações, estradas, passeios, estacionamentos, etc.;

- Interditar o acesso a locais de risco iminente ou muito provável, através de barreiras físicas e medidas regulamentares;
- Recuperar os sectores danificados dos sistemas arenosos costeiros, através da reconstrução natural dos edifícios dunares e plantio com espécies autóctones;
- Proceder à remoção de blocos e sub-taludes em níveis instáveis de rochas brandas e/ou morfológica e estruturalmente instáveis, adequando o perfil das arribas às zonas de segurança e aos usos nas proximidades do topo e do sopé;
- Estabilizar artificialmente as vertentes com muros de suporte em betão, principalmente em arribas que tenham edificação densa nas proximidades e em praias muito frequentadas e actualmente afectadas por episódios de avanço do mar em PMAVE;
- Proceder a demolições em zonas de risco e em áreas interditas à ocupação humana.

No nosso país, os fenómenos de instabilidade de arribas litorais constituem importante fonte de perigosidade e risco para as actividades humanas. A este respeito a ARH-Tejo, através da publicação Tágides (2009), defende a importância do registo das características dimensionais, geométricas e morfológicas dos movimentos, bem como a caracterização da tipologia das arribas e identificação dos mecanismos de erosão/instabilidade e factores desencadeantes dos movimentos de massa de vertente, avançando com um enquadramento das medidas mitigadoras do risco em Arribas (ver esquema na Figura 48):

1. Medida de **Tipo A** que menciona a sinalização adequada na base e no topo da arriba, com vista a:

- a) Informar os utentes da existência do risco potencial e da probabilidade de ocorrência de movimentos de massa em vertentes;
- b) Responsabilizar os utentes para os riscos inerentes à sua localização.

2. Medida de **Tipo B** que diz respeito à delimitação física de zonas de risco elevado na base e no topo das arribas, em particular:

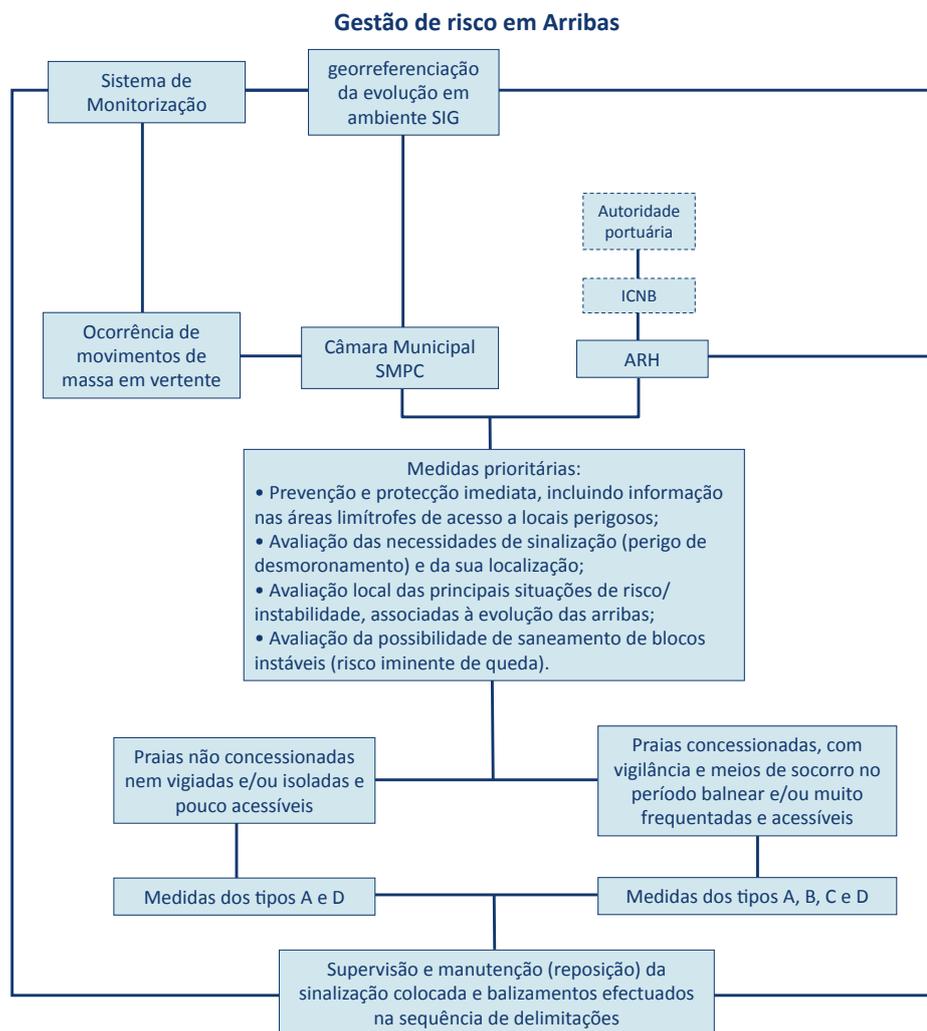
- a) Nos locais em que os fenómenos de instabilidade são particularmente evidentes (fendas de tracção visíveis e abertas, blocos em consola, cicatrizes de rotura recentes);
- b) Nos locais com registo de ocorrências recentes e/ou elevada frequência de movimentos de massa de vertentes.

3. Medida de **Tipo C** que consiste na interdição de sectores de praia ou arriba (estacionamentos, acessos, passeios pedonais, estradas) com vista à restrição espacial de permanência local, nomeadamente:

- a) Em locais com elevada utilização/procura, em que os fenómenos de instabilidade são de tal forma evidentes (os já referidos na medida B) que podem pôr em causa a segurança de pessoas e bens;
- b) Nos locais com registo de ocorrências recentes e/ou elevada frequência de movimentos de massa de vertentes.

4. Medida de **Tipo D** que corresponde à realização de operações de saneamento de blocos instáveis e reperfilamento de fachadas das arribas, sobretudo em:

- a) Locais com elevado potencial de instabilidade (blocos em consola, fendas de tracção abertas) com risco elevado para os utentes de praia;
- b) Locais com condições operacionais e logísticas favoráveis que incluem a altura adequada da arriba, as condições de acesso à crista, a capacidade técnica do equipamento de intervenção e as condições de segurança para os operadores.



**Figura 48:** Gestão de Risco e ocorrências em Arribas (adaptado de Tágides, ARH-Tejo, 2009).

Neste documento, a ARH-Tejo distingue as praias com Bandeira Azul das restantes praias. No entanto, assumindo conceitos mais adequados à protecção civil, a distinção deve ser feita entre:

- Praias concessionadas, com vigilância e meios de socorro em período balnear;
- Praias não concessionadas nem vigiadas.

A identificação e a delimitação de zonas de risco devem ser sustentadas em métodos adequados de observação e caracterização das susceptibilidades, na monitorização sistemática e na avaliação frequente do estado e evolução das arribas mais críticas, inclusive nas respostas a períodos de sismicidade significativa.

Sendo assim, é sugerido que a implementação das medidas de Tipo A, B e C deverá resultar da articulação entre:

- As recomendações expressas em trabalhos já desenvolvidos ou a desenvolver para o efeito, sendo que as medidas terão em consideração a eventual alteração das situações de risco;

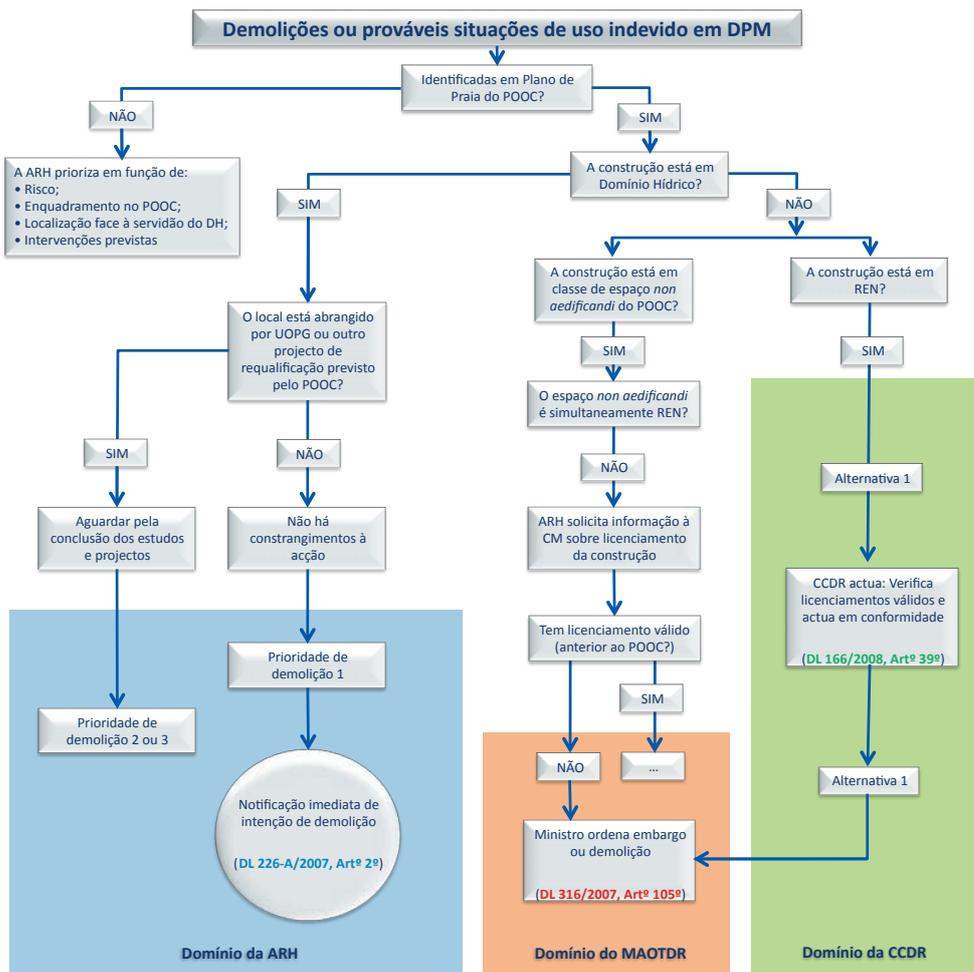
- As condicionantes definidas nos Planos de Praia dos POOC, nomeadamente a cartografia da Faixa de Risco Adjacente ao sopé da arriba e limites das unidades balneares respectivas.

Por seu lado, as medidas do Tipo D dependem das condições geológicas e geomorfológicas locais, devendo a sua justificação ser avaliada por técnicos de geologia e engenharia geológica, de modo a haver:

- Identificação dos fenómenos evolutivos e processos de instabilização da arriba;
- Identificação das principais situações de risco, associadas à evolução das arribas em cada concelho;
- Avaliação do potencial para a realização do saneamento de blocos instáveis;
- Levantamento e actualização da sinalização de perigo existente.

Na requalificação do litoral, também a ARH-Tejo apresenta uma síntese de procedimentos bem sistematizados, para os quais são estabelecidas alternativas e prioridades (Figura 49), relativas à concretização de demolições previstas em Planos de Praia, cujas intervenções decorrem em duas fases:

1. Uma primeira que envolve as instalações cuja manutenção não se encontra prevista nos POOC e para as quais são despoletadas as acções de reposição da situação anterior à sua ocupação;
2. Uma segunda que corresponde a instalações cujas licenças vierem a caducar no âmbito de:
  - a) Processos de adaptação às normas definidas pelos POOC que não ocorram no prazo estipulado, conforme a lei vigente e de acordo com as notificações que vierem a ser emanadas dos serviços, por razões imputáveis aos proprietários das mesmas;
  - b) Processos relacionados com a concretização de estudos e projectos específicos decorrentes da implementação das UOPG (Unidades Operativas de Planeamento e Gestão) previstas nos POOC.



**Figura 49:** Demolições e usos indevidos em DPM (adaptado de Tágides, ARH Tejo, 2009).

Para além das demolições, nos processos de adaptação aos POOC, há a considerar um universo significativo de ocupações indevidas na costa, como são exemplos:

- As que envolvem a ocupação do DPH, principalmente a margem do mar, existindo situações que envolvem o próprio leito do mar;
- As que se encontram em zonas non aedificandi exteriores ao Domínio Hídrico e que constituem violações a servidões, condicionantes e restrições de utilidade pública, ou regimes de protecção definidos pelos POOC, com destaque para as que envolvam zonas de risco e áreas submetidas aos regimes de REN.

Quanto à sinalização, é da responsabilidade do Instituto da Água elaborar e divulgar uma sinalização uniforme, de fácil e amplo reconhecimento que seja colocada em toda a orla costeira, permitindo alertar os utentes para os riscos existentes. Nesse sentido, o INAG publicou o Despacho n.º 15/2010, de 25 de Fevereiro, que determina a adopção dos sinais para situações de risco associado aos sistemas costeiros (Figura 50), nomeadamente as decorrentes de instabilidade de arribas, avanço do mar e destruição de sistemas dunares.



**Figura 50:** Sinais para identificação de riscos costeiros (Despacho n.º 15/2010, do INAG).

Estes sinais, nos seus aspectos gráfico e de dimensão, devem ser adoptados por todas as Administrações de Região Hidrográfica (ARH) em todas as situações de risco identificadas no terreno pelas entidades competentes para a fiscalização e nas áreas de risco identificadas nos POOC, sem prejuízo de outras disposições que sejam aplicadas a casos específicos que venham a ser diagnosticados.

A colocação de sinais pelas ARH e demais entidades com responsabilidades na sinalização do domínio hídrico e na protecção de pessoas e bens deve ser feita em locais com boa visibilidade que correspondam às zonas de risco a que se reportam. Além disso, nas praias balneares a sinalização deve ser complementada com a afixação do respectivo plano de praia com a indicação das zonas de risco e a informação complementar constante em folhetos e outros documentos do INAG (Instituto da Água) e da ANPC (Autoridade Nacional de Protecção Civil).

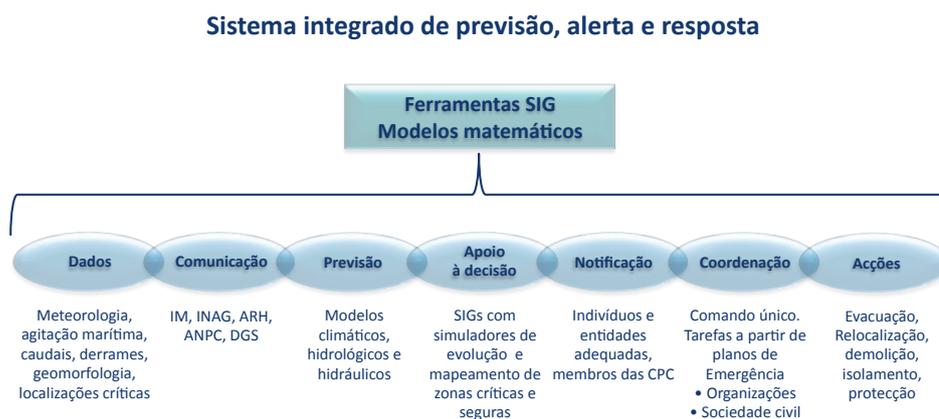
Aponta-se, ainda, para a necessidade de serem desenvolvidas campanhas de informação e sensibilização, incluindo a insistência na divulgação das medidas de autoprotecção que se encontram disponíveis no site da ANPC.

### 7.3. Sistema de previsão, alerta e resposta

Relativamente à ocorrência de eventos extremos, é importante construir um sistema global de monitorização, previsão, alerta e resposta que permita acompanhar a evolução dos eventos e as probabilidades associadas, sabendo que, no caso de as tempestades históricas serem superadas, se deve recorrer a modelos hidrológicos e hidráulicos que integrem as correntes de fluxo e as áreas de inundação com as mudanças operadas no uso do solo, de modo a enquadrar os previsíveis "efeitos dominó", nomeadamente os impactes sobre as águas, os solos, as pessoas e os biota.

Em coerência com as boas práticas internacionais, sugeridas nas orientações estratégicas das Nações Unidas para a redução de catástrofes, salientam-se os aspectos julgados mais consistentes, do ponto de vista da eficácia em protecção civil.

Antes de mais, um sistema de previsão, alerta e resposta requer uma boa combinação de dados e ferramentas, bem como operadores e "previsores" bem treinados. A implementação de tal sistema tem muitas componentes que devem de estar conectadas e interagir integradamente numa cadeia de procedimentos claros (Figura 51).



**Figura 51:** Gestão de recursos numa cadeia crítica de eventos e acções (adaptado de UN, 2008).

As principais componentes de um sistema integrado de previsão, alerta e resposta a inundações e galgamentos costeiros, bem como aos impactes colaterais dos eventos extremos, dizem respeito a:

- Fontes de dados fidedignos;
- Comunicações;
- Modelação e previsões;
- Apoio à decisão;
- Notificação das entidades para disseminação da informação;
- Coordenação da resposta, necessariamente através de um comando único;
- Acções a implementar em todos os níveis de resposta.

Pelo esquema da Figura 51, percebe-se que se qualquer componente não estiver funcional enfraquece (ou quebra) a corrente, resultando daí um ineficaz processo de alerta e resposta.

Por exemplo, se os dados meteorológicas referentes a precipitação crítica e fluxos de escoamento das bacias, da elevação do mar e da velocidade e direcção do vento, não forem disponibilizados atempadamente e não forem relatados a um sistema de previsão, então o tempo crítico para tomar decisões, coordenar actividades, alertar os cidadãos e lançar respostas no terreno, não será suficiente. De igual modo, é necessário para a eficácia do sistema que os cidadãos saibam as atitudes a tomar.

Antes de mais, há factores essenciais que devem ser considerados:

1. As características das bacias hidrográficas e costeiras, relativas às áreas, topografia, geologia e geomorfologia, cobertura vegetal, ocupação e alterações antrópicas que ajudam a determinar a natureza dos eventos potenciais e a susceptibilidade da área de recepção aos fluxos, caudais e energia concentrada que podem provocar derrocadas, deslizamentos, ou o colapso de estruturas. Devem integrar-se as mudanças que se vão operando, pela urbanização ou modificação de leitos e margens, de modo a poderem incluir-se em parâmetros actualizados.
2. O histórico de eventos, no que respeita ao máximo alcance das inundações, galgamentos e afectação de estruturas naturais e antrópicas, mas também aos seus efeitos nos depósitos sedimentares e nos habitats, nas comunidades biológicas e na biodiversidade. Esta análise não conduz à determinação de volumes de cheia, mas ajuda a colocar os eventos num determinado contexto. Nesse sentido, a informação veiculada pelos jornais ou pelo testemunho geracional é importante, até porque os grandes eventos são sempre reconhecidos.
3. Os factores ambientais, na medida em que as inundações costeiras podem induzir grandes mudanças na morfologia, mobilizar nutrientes e contaminantes, remover poluentes depositados e afectar por período longo os habitats. Além disso, as desflorestações, fogos e erosão dos solos a montante, podem ter impactes negativos em áreas mareais pouco dinâmicas.
4. Os factores económicos, uma vez que um sistema de previsão, alerta e resposta constitui um elemento importante na gestão integrada de recursos hídricos. De entre os benefícios das previsões, salienta-se a produção de energia, a irrigação de solos agrícolas, o abastecimento de água, a navegação, ou as actividades turísticas. O exame dos danos passados e potenciais danos futuros ajuda a determinar áreas prioritárias de intervenção e o sistema torna-se mais sustentável em termos de custos de implantação e manutenção.
5. Identificação e localização das comunidades em risco, salientando-se as grandes manchas urbanas, concentração de pessoas e o investimento económico que caracteriza as áreas envolventes ao interface flúvio-marinho.
6. A identificação rápida do tipo de evento, tendo em conta a natureza das bacias hidrográficas, os constrangimentos locais e, naturalmente, a modelação automática que dá indicações sobre a severidade e duração previsíveis, incluindo a rapidez das ocorrências.

Daí que seja tão importante analisar o histórico das tempestades e fluxos que ajudam a identificar áreas críticas de risco. Para estas, desejavelmente, os tempos de alerta não devem exceder algumas horas e os sistemas devem ser fiáveis e com um grau de automatização e sofisticação que permita integrar subsistemas como:

- Aquisição de dados e transmissão;
- Processamento de dados;
- Preparação da previsão;
- Distribuição das previsões.

Os sistemas devem adequar-se às necessidades e podem variar dos que usam observações manuais, gráficos e tabelas, até aos sistemas multi-modelo automáticos que correm estações computadorizadas.

7. A análise de custo-benefício relaciona os custos dos eventos e a eficácia das respostas tradicionais com os benefícios da previsão e alerta, de modo a reduzir os danos e perdas de vidas. Nos danos devem ser incluídos os edifícios habitacionais e comerciais, as infraestruturas urbanas e as indústrias, bem como os custos adicionais de relocalizações temporárias, as operações de protecção civil, de recuperação e reconstrução e a perda de negócios que, em zonas fragilizadas e com repetidas ocorrências, podem determinar a não viabilidade de certas actividades.

8. A avaliação das capacidades existentes em relação às redes de estações meteorológicas, hidrométricas e maregráficas que são necessárias para a previsão de eventos extremos, com especial ênfase nas funcionalidades do sistema de previsão e das respectivas capacidades de comunicação (e.g., manuais ou automáticos).

9. A identificação de utilizadores-chave e colaboradores, dado que os agentes e organismos com responsabilidades na emergência devem ter respostas estratégicas prontas, nomeadamente:

- A ANPC, os CDOS e os SMPC;
- As corporações de bombeiros;
- A autoridade portuária (administrações portuárias e delegações do IPTM);
- A autoridade marítima (capitanias dos portos, polícia marítima);
- A Autoridade Nacional de Controlo de Tráfego Marítimo;
- A Marinha;
- O INEM e outras entidades de emergência;
- As Comissões de Protecção Civil dos níveis territoriais envolvidos que mobilizam os agentes de protecção civil para a resposta adequada.

Simultaneamente, é fundamental que os meios de comunicação social recebam atempadamente e de forma precisa, as previsões e os alertas. As medidas a tomar podem mobilizar instituições com planos operacionais próprios, nomeadamente as barragens, ou os estabelecimentos Seveso, de modo a que se operacionalize um plano integrado de resposta ao evento e controlo das falhas estruturais.

Não é possível gerir a previsão de eventos sem dados para monitorizar o ambiente, analisar os balanços e providenciar conteúdos para a modelação (estatística ou probabilística).

Para isso, é necessário conceber e manter em funcionamento uma rede hidrometeorológica em tempo real que permita a disponibilização de tabelas e mapas com detalhes de locais de monitorização, parâmetros, sensores, registos, equipamento de telemetria e outros dados.

Neste momento, o INAG é a entidade que responde a esta necessidade, em termos de integração de dados e sistemas de alerta, sobretudo através do Sistema Nacional de Informação dos Recursos Hídricos (SNIRH) que integra dois subsistemas complementares:

- O SVARH (Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos), do "programa Rios", que produz informação resultante de estações udométricas (precipitação e vento), hidrométricas (caudais fluviais) e das albufeiras (volumes de água armazenados, caudais afluentes e caudais efluentes);
- O SNIRLit (Sistema Nacional de Informação dos Recursos do Litoral) que caracteriza as unidades do litoral, as estruturas e os estados de protecção e preservação.

Por outro lado, é muito importante a estreita colaboração entre os serviços meteorológicos e hidrológicos na composição da informação que é prestada às autoridades de protecção civil. Nesse sentido, o Instituto de Meteorologia providencia informação relativa ao posicionamento dos sistemas barométricos, acompanhada de parâmetros como a velocidade e a direcção do vento, a temperatura superficial, a humidade relativa, a nebulosidade e a precipitação, bem como as previsões sobre as quantidades de precipitação e os níveis de agitação marítima (HS) esperados.

Para garantir a eficácia durante condições extremas, as instalações que acomodam os sensores de monitorização têm de ser resistentes aos ventos fortes, chuvas e inundações que arrastam detritos e provocam danos frequentes nos equipamentos, tornando a sua manutenção difícil e onerosa. Daí que esteja a alargar-se o uso de satélites geostacionários e de órbita polar para tratar grandes volumes de produtos meteorológicos e hidrológicos que, de qualquer modo, são mais fiáveis quando contam com os dados emitidos por sensores remotos.

Por fim, na ocorrência de um evento extremo ou desastre natural, a resposta tem de ser imediata, compreensível e demonstrar linhas muito claras de comando. Além disso, têm de estar disponíveis os recursos descritos no inventário do plano de emergência (veículos, equipamento de escavamento, gruas, bombas de água, geradores, suprimentos de gravilha e areia, equipamento de comunicações móveis, etc.). De igual modo, devem ser previstos abrigos de emergência e fontes alternativas de abastecimento de água, alimentos, medicamentos e assistência médica e social.

Convém que as equipas de resposta estejam previamente bem treinadas e os seus mecanismos verificados e validados. Assim, face a um alerta de tempestade grave no litoral, têm de ser dados os passos certos para aumentar a prontidão da resposta, tais como:

- Trabalhos de protecção temporária contra inundações;
- Accionamento de planos de contingência e prevenção em sectores-chave (e.g., centrais eléctricas, estabelecimentos Seveso);
- Colocar equipas de emergência e outros agentes de protecção civil em alerta máximo;
- Preparar equipamentos para o transporte e distribuição de materiais críticos (e.g., stocks de sacos de areia);

- Preparar abrigos e hospitais para as eventualidades;
- Evacuar populações em risco, sobretudo os grupos mais frágeis e expostos.

A resposta da emergência não se conclui com o fim do evento extremo, mas continua nas acções de reabilitação. Todo o processo contribui para avaliar causas e efeitos do desastre grave ou da catástrofe, de modo a registar recomendações que aumentem a eficácia da resposta, a preparação para eventos seguintes e a optimização dos recursos, reduzindo os custos. E neste processo não deve ser esquecido o papel dos técnicos da protecção civil nas comissões de acompanhamento dos POT, introduzindo aí as medidas de precaução, prevenção e mitigação que se mostrem mais adequadas.

Refira-se que ainda que um evento real não tenha sido tão grave como o inicialmente previsto, testa-se o plano de emergência e divulga-se ao público a natureza dos perigos naturais.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Almeida, A. C. (1997). Dunas de Quiaios, Gândara e Serra da Boa Viagem – Uma abordagem ecológica da paisagem. JNICT/FCG, Lisboa, 321 p.
- ARH do Centro (2009). Questões Significativas da Gestão da Água. INAG, Coimbra, 114 p.
- ARH do Tejo (2009). Estratégia para a protecção e valorização do litoral. Tágides, Lisboa, 144 p.
- Azevedo, A.; Silva, J. & New, A. (2002). On the potential of satellite multi-sensors for observing and studying dynamical features with biological impact. The changing Coast, Littoral 2002, 6th International Symposium, Eurocoast/EUCC, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Vol II, pp. 83-88.
- Borrego, C. (1994). Sustainable development of coastal zones. Why is it important? Litoral 94, Second International Symposium, Eurocoast-Portugal, Lisbon, pp. 11-23.
- CNREN – Secretariado Técnico (2009). Harmonização de definições e critérios de delimitação para as várias tipologias de áreas integradas em REN (documento enquadrado pelo Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de Agosto). Lisboa, 56 p.
- Dias, Ferreira & Pereira (1994). Riscos naturais associados a variações do nível do mar. Estudo Sintético de Diagnóstico da Geomorfologia e da Dinâmica Sedimentar dos Troços Costeiros entre Espinho e Nazaré, Edição electrónica (2005): [w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks](http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks), pp. 132-142.
- European Investment Bank (2007). Guide for preparation of flood risk management schemes. HR Wallingford, England, 88 p.
- INAG (2006). Execução da recomendação sobre Gestão Integrada da Zona Costeira em Portugal (Relatório de Progresso). Lisboa, 146 p.
- Julião, R. P.; Nery, F.; Ribeiro, J. L.; Branco, M. C. & Zêzere, J. L. (2009). Guia Metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a construção de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal. ANPC, IGP e DGOTDU, Lisboa, 91 p.
- Miranda, P.; Coelho, F.; Tomé, A. & Valente, M. (2002). 20th Century Portuguese Climate and Climate Scenarios. Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures. SIAM Project, Gradiva, Lisbon, pp. 25-83.
- Paskoff, R. (1985). Les littoraux. Impact des aménagements sur leur évolution. Collection Géographie, Masson, Paris, 189 p.
- Paskoff, R. (1993). Côtes en danger. Pratiques de la Géographie, Masson, Paris, 250 p.
- Pinet, P. (2000). Invitation to Oceanography (Second Edition). Jones and Bartlett Publishers, Inc., USA, 540 p.

Ribeiro, J. L. (2001). Zonas Húmidas Costeiras e Ordenamento Territorial. Imprensa da Universidade de Coimbra, 326 p.

Ribeiro, J. L. (2006). Centralidade Geoambiental do Estuário do Mondego no Ordenamento da Zona Costeira da Figueira da Foz. Instituto de Estudos Geográficos da Universidade de Coimbra, 432 p.

Seoane, C.; Fernández, J. & Pascual, C. (2007). Manual de restauración de dunas costeras. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Costas, España, 258 p.

Sunamura, T. (1992). Geomorphology of Rocky Coasts. Wiley, New York, 302 p.

Teixeira, S. B. (2009) – Demarcação do leito e da margem das águas do mar no litoral sul do Algarve. Administração da Região Hidrográfica do Algarve. Faro, 207p.

UN – Department of Economic and Social Affairs & International Strategy for Disaster Reduction (2008). Guidelines for Reducing Flood Losses. United Nations, New York, 79 p.

Vestena L. R. & Filho G. L. (2008). Balanço hídrico da bacia do Rio Ernesto, Pitanga / PR – Brasil. Terr@Plural, Ponta Grossa, 2 (2), pp. 323-335.

Viles, H. & Spencer, T. (1995). Coastal problems. Geomorphology, ecology and society at the coast. London, 350 p.

## 9. LEGISLAÇÃO

Decreto-Lei n.º 468/71, de 5 de Novembro – Regime jurídico dos terrenos do domínio público marítimo.

Decreto-Lei n.º 89/87, de 26 de Fevereiro de 1987 – Medidas de protecção às zonas ameaçadas pelas cheias, introduzindo alterações ao Decreto-Lei n.º 468/71.

Decreto-Lei n.º 309/93, de 2 de Setembro – Regime dos Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC).

Lei n.º 48/98, de 11 de Agosto – Lei de bases da política de ordenamento do território e de urbanismo.

Decreto-Lei n.º 364/98, de 21 de Novembro – Obrigatoriedade de elaboração da carta de zonas inundáveis nos municípios com aglomerados urbanos atingidos por cheias.

Lei n.º 54/2005, de 15 de Novembro – Titularidade dos recursos hídricos.

Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro – Lei da Água. Transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho.

Lei n.º 27/2006, de 3 de Julho – Lei de Bases da Protecção Civil.

Decreto-Lei n.º 134/2006, de 25 de Julho – Sistema Integrado de Operações de Protecção e Socorro (SIOPS).

Decreto-Lei n.º 208/2007, de 29 de Maio – Cria as ARH, Administrações de Região Hidrográfica.

Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio – Regime de utilização de recursos hídricos.

Decreto-Lei n.º 232/2007, de 15 de Junho – Avaliação ambiental estratégica.

Decreto-Lei n.º 58/2007, de 4 de Setembro – Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT) com os respectivos Relatório e Programa de Acção.

Decreto-Lei n.º 316/2007, de 19 de Setembro – Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial (nova redacção do Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de Setembro).

Lei n.º 65/2007, de 12 de Novembro – Organização da Protecção Civil de âmbito municipal.

Resolução n.º 25/2008, de 18 de Julho, da Comissão Nacional de Protecção Civil – Directiva que aprova os critérios e normas técnicas para a elaboração e operacionalização de Planos de Emergência de Protecção Civil.

Decreto-Lei nº 166/2008, de 22 de Agosto – Regime jurídico da Reserva Ecológica Nacional (RJREN).

Resolução do Conselho de Ministros n.º 82/2009, de 20 de Agosto de 2009 – Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira (ENGIZC).

Decreto-Lei nº 162/2010, de 7 de Maio – Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva nº 2007/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações.

Decreto-Lei nº 180/2004, de 27 de Julho (republicação em 2010) – Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva nº 2002/59/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Junho, alterada pela Directiva 2009/17/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Abril, relativa ao sistema comunitário de acompanhamento e informação do tráfego de navios.

**Cadernos Técnicos PROCIV #15**

**Riscos Costeiros – Estratégias de prevenção, mitigação e protecção,  
no âmbito do planeamento de emergência e do ordenamento do território**

**Edição:** Autoridade Nacional de Protecção Civil / Direcção Nacional de Planeamento  
de Emergência

**Autores:** José Luís Ribeiro (Director da Unidade de Planeamento)

**Design gráfico:** [www.nunocoelho.net](http://www.nunocoelho.net)

**Data de publicação:** Junho de 2010

**ISBN:** 978-989-8343-05-5

**Disponibilidade em suporte pdf:** [www.prociv.pt](http://www.prociv.pt)

**Autoridade Nacional de Protecção Civil**

Av. do Forte em Carnaxide

2794-112 Carnaxide / Portugal

Tel.: +351 214 247 100 / Fax: +351 214 247 180

[geral@prociv.pt](mailto:geral@prociv.pt) / [www.prociv.pt](http://www.prociv.pt)