FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

MORFODINÂMICA DO CABEDELO DA FOZ DO RIO DOURO: PERSPECTIVA HISTÓRICA E MONITORIZAÇÃO POR GPS PARA O CONHECIMENTO DA SUA EVOLUÇÃO ACTUAL.

APLICABILIDADE PEDAGÓGICA NUMA VERTENTE CTSA

VOLUME I

Maria Eduarda Rodrigues Vieira de Jesus
2003

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

MORFODINÂMICA DO CABEDELO DA FOZ DO RIO DOURO: PERSPECTIVA HISTÓRICA E MONITORIZAÇÃO POR GPS PARA O CONHECIMENTO DA SUA EVOLUÇÃO ACTUAL.

APLICABILIDADE PEDAGÓGICA NUMA VERTENTE CTSA

VOLUME I

Dissertação para obtenção
do grau de Mestre em
Geologia para o Ensino

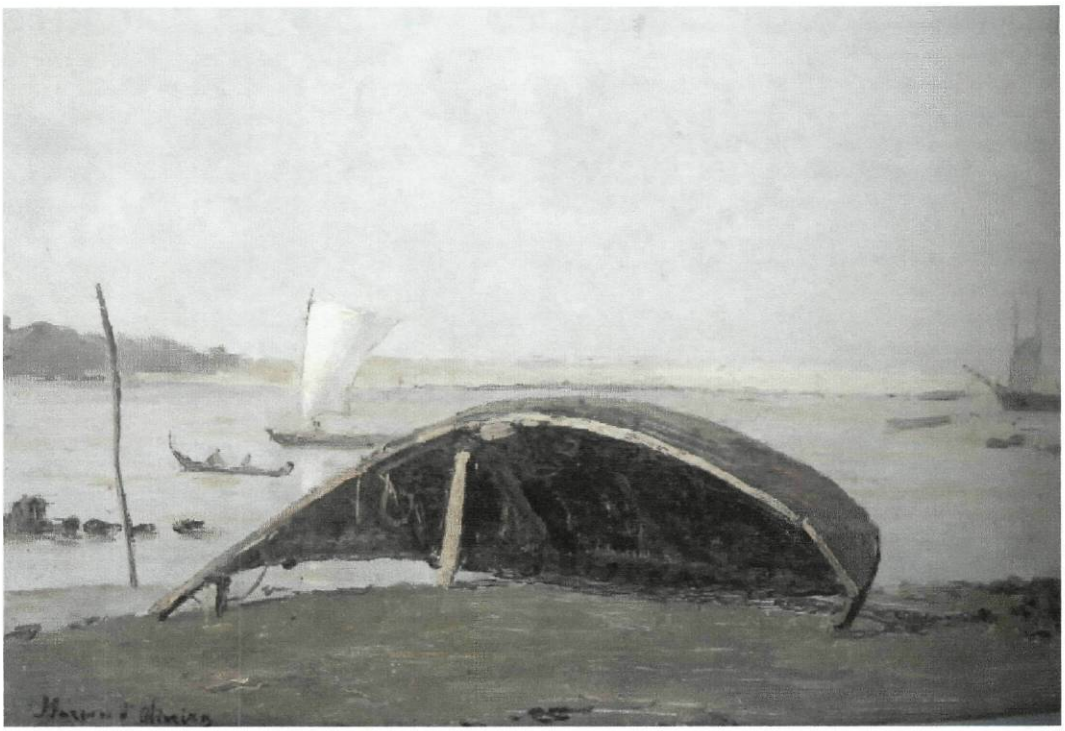
Sob a orientação de
Professor Doutor
Eugénio Correia

FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

Maria Eduarda Rodrigues Vieira de Jesus
2003

«O Cabedelo para mim era o deserto cheio de prestígio e de aventuras...»

Raul Brandão, *Os Pescadores*



«Lugar do Ouro»
Marques de Oliveira
Óleo sobre tela
(Séc. XIX-XX)
(in CLÁUDIO, 2001)

«Além é o cabedelo e o mar desfeito em pó azul, e a Outra Banda inteiramente verde.»

Raul Brandão, *Os Pescadores*

Mesmo perdendo,
A vida enriquece
Em cada momento.
O que se vai vendo,
O que não se esquece,
O sentimento.
Viagem, emoção,
Amizade, vida.
Paisagem, recordação,
Saudade, alma querida.
É esta sucessão
Do perder e do ganhar,
Que me faz viver,
Não parar.
Sentir,
Num só rompante,
Luzes que inflamam,
A vida que há-de vir,
Um outro instante.
E sei agora
Porque te chamam Douro.
Nos teus cais,
Num lampejo,
Encontro e vejo,
Em cada hora,
O teu tesouro.
Simplesmente,
Sabes sempre
Para onde vais.

À memória de meu pai

Para minha mãe, com amor e desejo de a acompanhar nas viagens da vida.

PALAVRAS PRÉVIAS E AGRADECIMENTOS

O fogo testa o ouro, a adversidade testa o Homem

L. Seneca

A elaboração desta dissertação foi, para mim, uma tarefa dura e solitária, com adversidades paralelas que me acompanharão por toda a vida. Por isso, as palavras de conforto e o apoio recebidos foram muito importantes para que a sua consecução fosse possível. A pesquisa efectuada ao longo deste trabalho fomentou, indiscutivelmente, o meu desenvolvimento pessoal e social, quer enquanto investigadora, quer como profissional da educação. Contudo, a sua execução não teria sido possível sem contributos valiosos que é da mais elementar justiça reconhecer.

Os meus agradecimentos vão, em primeiro lugar, para o orientador deste estudo, Professor Doutor Eugénio Correia, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, pela abertura, liberdade e confiança que me concedeu na escolha do tema , na delineação do fio condutor do trabalho e no seu desenvolvimento. O seu apoio entusiástico, a par da crítica enriquecedora, nunca poderei agradecer em demasia.

A realização do presente trabalho só foi possível, tendo em conta os meios logísticos disponibilizados pelo Observatório Astronómico da Universidade do Porto, na pessoa da sua Directora, Doutora Luísa Bastos, pelo que lhe expresso aqui a minha gratidão. O equipamento de GPS, pertença do Observatório Astronómico, bem como os meios informáticos e humanos para processamento dos dados de campo foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Paulo Renato Baptista, colega e amigo de longa data, o meu reconhecimento pela simpatia, prestabilidade e prontidão que sempre me demonstrou e pelo apoio prestado e sugestões dadas, quer no trabalho de campo, quer no de gabinete, particularmente ao nível do processamento dos dados. As salutares conversas que desenvolvemos nas muitas caminhadas marcam uma verdadeira amizade e serão, para mim, inesquecíveis.

Ao Doutor Óscar Ferreira, do Departamento de Ciências do Mar da Universidade do Algarve, agradeço as sugestões dadas e a cedência de inúmeras referências bibliográficas.

À Direcção de Produção Hidráulica da Companhia Portuguesa de Produção de Electricidade revelo a minha gratidão pela pronta cedência dos dados de caudal em Crestuma-Lever, elementos fulcrais para a fundamentação deste estudo.

Muito contribuíram também, para que este estudo fosse possível, as sugestões e os dados fornecidos pelo Engenheiro Brógueira Dias, da APDL, pelo que lhe presto aqui os meus agradecimentos.

Ao Doutor Bordalo e Sá, do Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, expresso a minha gratidão pelos dados fornecidos e pelas sugestões dadas para estabelecimento do fio condutor do trabalho, bem como pelo seu espírito crítico, que me alertou para uma visão mais multidisciplinar, nomeadamente no campo ambiental.

Ao Instituto Geográfico do Exército agradeço a rapidez e eficiência no envio de fotografias aéreas de datas diversas.

À Biblioteca Pública Municipal do Porto, fico grata pela cedência de fotografias de alguns exemplares da cartografia antiga da foz do Douro.

À menina Lurdes Paiva, da Livraria Chaminé da Mota, teço um elogio pela paciência, organização e empenho na satisfação dos meus pedidos e pela disponibilidade prestada na procura e na cedência de documentação valiosa relativa à história do Porto.

À minha mãe expresso a minha eterna gratidão pela dedicação na resolução dos meus problemas e necessidades, pela infinita paciência que só uma mãe pode ter e pela compreensão das minhas ausências. Prometo a compensação num futuro próximo.

À minha irmã, pelas palavras e apoio prestados durante a execução da dissertação.

Aos meus amigos de longa data agradeço a compreensão pela ausência de notícias e de visitas. Serei eu, agora, que não vos darei descanso.

As últimas palavras remeto-as para Álvaro Brandão, mostrando a minha gratidão pelo carinho e dedicação mostrados, bem como pelo apoio na revisão minuciosa do manuscrito final e por todas as sugestões e diálogos fervorosos...

RESUMO

O importante da vida é ter um grande objectivo e determinação para o alcançar

Goethe

A dissertação que nos propusemos desenvolver abrange, além de uma pesquisa bibliográfica intensa, uma forte componente de trabalho de campo. Para o conhecimento da evolução actual do cabedelo da foz do rio Douro, recorremos ao GPS, tecnologia que nos possibilitou a obtenção de dados precisos, cuja análise e interpretação permitiram inferir sobre o comportamento desta estrutura arenosa durante o período de observação.

A evolução morfodinâmica do cabedelo da foz do Douro está relacionada com os diversos factores que interferem na orla costeira portuguesa, quer de ordem natural, quer de origem antrópica.

A foz deste rio onde, após um longo e sinuoso percurso, as suas águas contactam com as do mar, é dotada de dinâmica, morfologia e evolução próprias. O Cabedelo implantado na margem esquerda do estuário do Douro tem uma direcção aproximada N/S, sendo geneticamente considerado como um compromisso flúvio-marinho.

Ao longo dos tempos, os problemas da foz do Douro, em geral, e do Cabedelo, em particular, têm-se revelado de difícil resolução ou mesmo incontornáveis. A análise de alguns pormenores históricos, nomeadamente as cheias, os naufrágios, as dificuldades na navegação, o implemento de algumas obras, bem como as inúmeras propostas para melhoramento do acesso à barra do Douro, são prova dessa dificuldade. A necessidade de efectuar trocas comerciais em segurança culminou com a construção do porto artificial de Leixões que parece exercer, cumulativamente com outras condicionantes antrópicas, alguma influência na morfodinâmica do Cabedelo.

A deposição neste local deve-se a uma diminuição da capacidade de transporte do material sólido relacionada, obviamente, com a redução da velocidade da corrente que resulta, por sua vez, da acção mútua e contrária entre a corrente fluvial, as correntes de maré e a ondulação marítima, não sendo de desprezar a acção do vento.

Os aluviões transportados pelo rio, basicamente em épocas de cheias, e depositados na parte terminal do seu curso, conduzem à formação de bancos de areia que, ao longo do ano, a acção marinha arrasta para o largo ou para o continente, engrossando ou adelgaçando o Cabedelo. A parte terminal desta estrutura arenosa, por acção das correntes fluviais, bem como das marés e ondulação encurva, então, para montante ou para jusante, adquirindo formas rebeldes e caprichosas. A morfologia do Cabedelo revela-se, por consequência, inconstante, e a sua variabilidade é, por si só, condicionadora de maior ou menor facilidade na transposição da barra.

O Cabedelo aparece cartografado desde o século XVI. Até à actualidade, período histórico em que é possível recorrer a métodos científica e tecnologicamente avançados, muitos foram os

exemplares cartográficos da região cuja elaboração obedeceu, basicamente, às exigências do contexto sócio-histórico de cada época.

A utilização do DGPS em modo cinemático para cartografar a restinga do Douro, desde Junho de 2001 até Março de 2003, forneceu dados cujo processamento permite concluir sobre a evolução morfodinâmica actual do Cabedelo. O trabalho de campo realizado, dotado de objectivos e metodologias próprios, envolveu a definição trimestral do contorno do Cabedelo e o estudo do seu comportamento ao longo do ano, particularmente no que respeita a possíveis variações de volume e área. Para tal, o programa de monitorizações foi baseado em campanhas periódicas com realização de redes de perfis, cobrindo toda a estrutura acima do limite da maré baixa.

Embora o tempo de observação seja curto para a realização de uma análise interpretativa da relação entre a evolução morfológica e os parâmetros físicos, os resultados obtidos parecem ter enfatizado uma maior acção das ondas na mobilização sedimentar.

A sobreposição dos contornos obtidos em cada monitorização revelam que o Cabedelo possui capacidade de recuperação após épocas de cheias, mas se os mesmos resultados forem sobrepostos com cartografia mais antiga, a migração desta estrutura para montante parece confirmar-se.

Do conjunto de tentativas de intervenção efectiva na morfologia e dinâmica da foz deste rio, os benefícios extraídos, nomeadamente os concernentes à navegabilidade, foram limitados e, consequentemente, insuficientes. Cada acção imposta parece, sim, acarretar consequências que passam a constituir, a curto ou médio prazo, novas dificuldades.

O Homem exerceu e continua a exercer fortes pressões nesta zona, ao explorá-la em seu próprio benefício mas esquecendo que, perante a majestosa e implacável Natureza, será ele o eterno perdedor.

Só a Educação cuidada das gerações futuras poderá alterar mentalidades e conceitos, pelo que este estudo visa também contribuir para a alfabetização científica dos discentes e seu desenvolvimento ao nível das capacidades, atitudes e valores fundamentais para uma boa formação cívica.

O trabalho de campo, enquanto estratégia de cariz construtivista, constitui uma ferramenta importante no ensino/aprendizagem da Geologia, particularmente nas suas vertentes Costeira e Ambiental, contribuindo para a formação de cidadãos responsáveis, intervenientes e críticos.

O desenvolvimento científico-tecnológico actual acarreta consequências nefastas para o ambiente, pelo que as actividades de trabalho de campo, ao permitirem o contacto directo com a realidade, poderão possibilitar uma maior compreensão das complexas interacções entre a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente.

Uma actividade de campo que permita trabalhar sobre, no e para o Ambiente desenvolverá, nos alunos, a visão *ecocêntrica* necessária para o (re)equilíbrio do ambiente que nos envolve, do qual, afinal, cada vez mais dependemos.

ABSTRACT

The important in life is to have a big aim and the determination to reach it

Goethe

The dissertation we proposed to develop comprises, besides an intense bibliographic search, a strong fieldwork component. For the Douro mouth sand spit actual evolution knowledge we had resorted to GPS, technology that allows to obtain precise facts, whose analysis and interpretation have permitted us to infer about the behaviour of this sandy structure during the observation period.

The morphodynamic evolution of the Douro river mouth sand spit is related with several factors, which interfere on the Portuguese coast line, detaching natural and anthropic actions.

The Douro mouth region where, after a sinous and long course, the river contacts with the ocean, is endowed with self-proper dynamic, morphology and evolution. The Douro river sand spit located on the left margin of this estuary is close to N/S direction, being genetically considered as a result of a fluvial-marine commitment.

Through the years, the Douro mouth problems, in general, and the sand spit problems, in particular, have showed difficult resolution or even unavoidable. The analyse of some historical details, namely the floods, the shipwrecks, the navigation difficulties, the implementation of several works and the countless proposals for improvement of the approach to Douro bar are the proof of that difficulty.

The necessity of making security commercial changes culminated in the Leixões artificial harbour building, which seems to practise, cumulatively with other anthropic conditionants, some influence on sand spits morphodynamics.

The deposition on this place is due to the decrease of solid material transport, related, obviously, with a flow velocity reduction, which results, by its turn, from the reciprocal and counterwork between the fluvial current, the tidal flow and the swell, without despising the wind action. The alluviums carried by the river, in time floods basically, and deposited in the terminal part of its course carries to sandbanks formation which, through the year, the marine action drags away to the open sea or to the continent, thickening or thinning the sand spit.

The terminal part of this sandy structure, by the action of fluvial flow, as well the tide and wave, bends then, to upstream or downstream, acquiring rebellious and capricious shapes. The sand spit morphology reveals oneself, by consequence, unsteady and its variability constitutes a conditioning of the major or minor facility of the bar transposition.

The sand spit was mapped since the last XVI century. Till our days, when it's possible to use scientific and technologically advanced methods, many cartographic works were made, whose elaboration obeyed, basically, to the demands from the socio-historic context of each epoch.

The applying of kinematic DGPS techniques to map the Douro mouth sand spit from June (2001) till March (2003) provided several data whose processing allows us to conclude about its actual morphodynamic evolution. The fieldwork developed owned self purposes and methodologies, evolving the trimestrial definition of the sand spit contour and the study of its behaviour through the year, particularly regarding to possible variations on its volume and area. For that, the monitorization program was based in the survey of regular profile networks that covered all sand spit above the low tide limit.

Although the regular time span is still short for an interpretative analysis of the relation between the morphological evolution and the physical parameters, the results obtained so far emphasise the impact of the waves in the mobilization of the sedimentary sources.

The overlapping of the obtained contours in each monitorization reveals that the sand spit has capacity to recover after flood times, but if those results be overlapped with older cartography, a migration of this structure to upstream seems to be confirmed.

From the whole attempts to an effective intervention on the Douro river mouth dynamics and morphology, the benefits, namely those related with navigability, were limited and, therefore, insufficient. Each imposed action looks like, as it seems, to carry out consequences which pass to constitute, from short to middle term, new difficulties.

The human being practised and still inflicts strong pressures on this area. Exploring it for his own profit, he forgets that in presence of the imposing and magnificent Nature, he will be an eternal loser. Only an effective education of the future generations will allow to change the course of this evolution, so the aim of this study is also to contribute for the pupils scientific alphabetizing and their development in terms of capacities, attitudes and values fundamentals for a good civic formation.

The fieldwork while strategy of constructive countenance constitutes an important tool for Geology teaching/learning, particularly on its coastal and environmental spilling, contributing to the formation of responsible, intervenient and critical citizens.

The actual scientific-technological development brings about some baleful consequences to the environment; so the fieldwork activities, by allowing the direct contact with the reality, can enable major comprehension of the complex interactions between the Science, the Technology, the Society and the Environment.

A fieldwork activity which permits to work upon, in and for the environment will evolve, on students, an *ecocentric* vision needful for the environmental (re)equilibrium that wraps us and from which we all depend.

ÍNDICE GERAL

	Página
Dedicatória	iii
Palavras prévias e agradecimentos	iv
Resumo	vi
Abstract	viii
INTRODUÇÃO	1
I – CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO DOURO	7
I.1 – Localização geográfica	7
I.2 – Enquadramento Geológico	8
I.3 – Orografia e Rede Hidrográfica do Douro	10
I.4 – O Clima da Bacia Hidrográfica do Douro. Enfoque na Região da Foz do Rio	12
I.5 – Hidrologia Duriense	15
I.5.1 – Regime Hidrológico	15
I.5.2 – Presença de Barragens e sua Acção no Regime Hidrológico	16
I.5.3 – A Navegabilidade do Douro e a Presença de Barragens	18
II – AS CHEIAS DO RIO DOURO E OS PRINCIPAIS NAUFRÁGIOS NAS IMEDIAÇÕES DA BARRA	21
II.1 – Condições para a Formação de uma Enchente e suas Causas	22
II.2 – Medidas Estruturais e Não Estruturais de Defesa Contra Cheias	24
II.2.1 – Medidas Estruturais	25
II.2.2 – Medidas Não Estruturais	25
II.3 – Cheias Extraordinárias que Marcaram a História da Foz do Douro	26
II.3.1 – Tipos de Cheias no Rio Douro	27
II.3.2 – Memorial das Cheias	28
II.3.3 – Naufrágios e Encalhes nas Imediações da Barra do Douro	30
III – TESTEMUNHOS DESCRITIVOS E PATRIMONIAIS DA REGIÃO DA FOZ DO RIO DOURO	31
III.1 – Ocupação Humana na Região da Foz do Rio Douro: sua evolução	32
III.2 – A Barra do Douro no Século XVIII – Os Perigos na sua Transposição	36
III.3 – A Foz do Douro: Principais Edificações e seu Contexto Histórico	40
III.3.1 – O Castelo de S. João da Foz. A Necessidade de Defesa dos Povoados	41
III.3.2 – Capela-Farol S. Miguel-O-Anjo. A Foz de D. Miguel da Silva	43
III.3.3 – Os Molhes da Foz do Douro. «Luiz Gomes de Carvalho», «Touro» e «Felgueiras»	46
III.3.3.1 – O Molhe de Luiz Gomes de Carvalho	46

III.3.3.2 – Os Molhes do Touro e de Felgueiras 47
III.3.4 – O Porto de Carreiros 48
III.3.5 – O Porto Artificial de Leixões. Da Segurança ao Sucesso Comercial 50
III.3.5.1 – Localização do Porto de Leixões 51
III.3.5.2 – Projectos e Estudos para Implantação do Porto Artificial de Leixões 52
III.3.5.3 – Porto de Abrigo *versus* Mega-Estrutura Portuária 55

IV – PROJECTOS, ESTUDOS E OBRAS PARA O MELHORAMENTO DA BARRA DO DOURO: DO PASSADO À ACTUALIDADE. QUE FUTURO? 58

IV.1 – Da Necessidade de Melhoria das Condições de Acesso à Barra do Douro 59
IV.2 – Projectos, Estudos e Obras a Desenvolver na Barra do Douro 61
IV.2.1 – Século XVIII – Mais Projectos que Obras 61
IV.2.2 – Século XIX – Maré Cheia de Planos e Acções 63
IV.2.3 – Século XX – Dragagem e Pouco Mais 70
IV.2.4 – Século XXI – Projectos, Estudos e Obras 75

V – CARTOGRAFIA HISTÓRICA DA REGIÃO DA FOZ DO DOURO 76

V.1 – Da Cartografia na História 77
V.2 – Tipos de representações Cartográficas 80
V.3 – O Cabedelo e a Barra do Douro – Representações Cartográficas Antigas (Séculos XVII a XIX) 81
V.3.1 – Século XVII 82
V.3.2 – Século XVIII 83
V.3.3 – Século XIX 84

VI – CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS RELEVANTES NA FOZ DO RIO DOURO. A GEOLOGIA DO CABEDELO 91

VI.1 – As Litologias da Região Envolvente do Cabedelo 92
VI.1.1 – Da Foz do Douro ao Castelo do Queijo 93
VI.1.2 – Da Foz do Douro até Lavadores 94
VI.2 – Os Blocos Rochosos do Cabedelo 96
VI.3 – Os Sedimentos do Cabedelo 97
VI.3.1 – Análise Granulométrica 98
VI.3.2 – Morfometria dos Seixos e Areias 100
VI.3.2.1 – Os Seixos 100
VI.3.2.2 – As Areias 101
VI.3.3 – Composição Mineralógica 101
VI.3.3.1 – Feldspatos 101
VI.3.3.2 – Quartzo 102
VI.3.3.3 – Micas 102
VI.3.3.4 – Outros Componentes 103

VII – A ORLA COSTEIRA DO NOROESTE DE PORTUGAL. OS PROCESSOS NATURAIS E ANTRÓPICOS ENQUANTO CONDICIONANTES DA SUA EVOLUÇÃO 104

VII.1 – Introdução 105
VII.2 – Os Processos Naturais na Evolução das Orlas Costeiras 108
VII.2.1 – As Variações Climatológicas e as Oscilações Eustáticas do Nível do Mar 108
VII.2.2 – Os Processos Mofodinâmicos 109
VII.2.3 – A Deformação Marginal Neotectónica 109
VII.3 – Os Processos Antrópicos na Evolução das Orlas Costeiras 110
VII.3.1 – As Acções Directas 111
VII.3.2 – As Acções Indirectas 112
VII.4 – Soluções Implementadas e Alternativas para o Problema da Erosão Costeira 113
VII.4.1 – As Medidas Implementadas 113
VII.4.2 – As Alternativas 115

VIII – GÉNESE, DESENVOLVIMENTO E COMPORTAMENTO MORFODINÂMICO DO CABEDELO 117

VIII.1 – Introdução 118
VIII.2 - Bases Genéticas do Cabedelo. O Ambiente Estuarino, as Alterações Climáticas, as Variações do Nível Médio do Mar Associadas e a Disponibilidade Sedimentar 119
VIII.3 – Desenvolvimento e Posicionamento do Cabedelo 124
VIII.3.1 – Os Caudais Sólido e Líquido Debitados pelo Rio Douro 124
VIII.3.2 – As Obras Costeiras e as Estruturas Portuárias 126
VIII.3.3 – Acção do Vento e das Correntes Dominantes Responsáveis pela Deriva Sedimentar na Costa Oeste Portuguesa – a Ondulação e as Marés 127
VIII.3.4 – Inversão da Deriva Litoral 129
VIII.3.4.1 – Praias em Cunha e Tômbolos 130
VIII.3.4.2 – Orientação da Restinga da Foz do Douro 131
VIII.3.4.3 – Sobrelevação do Nível do Mar 132
VIII.3.5 – A Extracção de Inertes 134
VIII.3.5.1 – As Dragagens no Douro e na sua Barra 134
VIII.3.5.2 – Dragagens no Porto de Leixões 136
VIII.3.5.3 – Alimentação Artificial de Praias 137
VIII.3.5.4 – Dragagens – Perspectiva Ambiental e Educacional 139
VIII.3.6 – Migração do Cabedelo 139
VIII.4 – Comportamento Morfodinâmico da Embocadura do Douro. A Mobilidade da Extremidade Norte do Cabedelo 141
VIII.4.1 – A Interacção Aéro-Flúvio-Marinha na Evolução do Cabedelo 141
VIII.4.1.1 – As Correntes Marítima e Fluvial 141
VIII.4.1.1.1 – Da Baixa-Mar à Preia-Mar: Binómio Correntes/Sedimentação 142
VIII.4.1.1.2 – Da Preia-Mar à Baixa-Mar: Binómio Correntes/Sedimentação 142
VIII.4.1.2 – A Ondulação 144
VIII.4.1.3 – O Vento 144
VIII.4.1.4 – A Circulação Estuarina – a Formação de Cunhas Salinas 144
VIII.4.2 – Comportamento Hidromorfológico 145
VIII.4.3 – Efeitos das Cheias na Estrutura do Cabedelo 146

IX – MONITORIZAÇÃO POR GPS VISANDO O CONHECIMENTO DA EVOLUÇÃO MORFODINÂMICA ACTUAL DO CABEDELO DO DOURO. APLICABILIDADE PEDAGÓGICA NUMA VERTENTE CTSA 149

IX.1 – Introdução 150
IX.2 – O Sistema Global de Posicionamento (GPS). Princípios Básicos de Funcionamento e Alguns Exemplos de Aplicação 151
IX.2.1 – Algumas Utilizações do GPS 151
IX.2.2 – Princípios de Funcionamento do GPS 152
IX.2.2.1 – Componentes do GPS 152
IX.2.2.2 – Modos de Posicionamento com GPS 153
IX.2.2.3 – Características dos Sinais e dos Códigos 153
IX.2.2.4 – Os Receptores 154
IX.3 – Monitorização por GPS para o Conhecimento da Evolução Actual do Cabedelo 155
IX.3.1 – Objectivos do Trabalho de Campo Desenvolvido no Cabedelo da Foz do Rio Douro 155
IX.3.2 – Metodologia Seguida Durante as Monitorizações Realizadas no Cabedelo 156
IX.3.3 – Resultados do Trabalho de Campo Realizado Durante o Período de Observação: Análise e Discussão 159
IX.3.3.1 – O Contorno do Cabedelo 159
IX.3.3.2 – A Largura do canal de Acesso à Barra do Douro 162
IX.3.3.3 – O Posicionamento do Cabedelo 163
IX.3.3.4 – Área e Volume do Cabedelo 164
IX.3.3.4.1 – O Volume do Cabedelo 165
IX.3.3.4.2 – A Área do Cabedelo 168
IX.3.3.5 – Outros Elementos Morfológicos do Cabedelo 170
IX.3.3.5.1 – Cicatrizes de Temporais 170
IX.3.3.5.2 – Lagoas Internas 170
IX.3.3.5.3 – Depósitos de Dragados 171
IX.3.3.5.4 – Vegetação 171
IX.3.4 – Da Ondulação e Marés enquanto Factores Prevalecentes na Evolução do Cabedelo 172
IX.4 – O Trabalho de Campo como Estratégia de Ensino/Aprendizagem das Geociências 175
IX.4.1 – Contextos de Aprendizagem das Geociências à Luz de uma Perspectiva de Ensino por Pesquisa (EPP) 175
IX.4.2 – A Importância do Trabalho de campo no Ensino/Aprendizagem da Geologia numa Vertente CTSA 177
IX.4.2.1 – O Ensino CTSA (Ciência/Tecnologia/Sociedade/Ambiente) 181
IX.4.3 – A Necessidade de Protecção do Sistema Terra. A Educação Sobre, No e Para o Ambiente 182
IX.4.3.1 – Proposta de Orientação Para uma Saída de Campo de Carácter Histórico-Geológico à Foz do Douro numa Perspectiva CTSA 185

CONSIDERAÇÕES FINAIS 187

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 192

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Capítulo I

Figura I.1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Douro (adaptado de LNEC, 1994). 8

Figura I.2 – Unidades morfo-estruturais atravessadas pela bacia hidrográfica do Douro (adaptado de Ribeiro et al., 1979 e LNEC, 1994). 9

Figura I. 3– Unidades litológicas da bacia hidrográfica do Douro, em território nacional (adaptado de LNEC, 1994). 10

Figura I.4 – Zonas paleogeográficas e tectónicas do Maciço Hespérico, na Península Ibérica (Ribeiro et al., 1979). 10

Figura I.5 – **a)** Orografia da bacia hidrográfica do Douro (adaptado de LNEC, 1994). **b)** Perfil longitudinal do rio Douro desde a nascente, em Urbión, até à foz, no Oceano Atlântico (adaptado de Marques e Pedrosa, 1990). 12

Figura I.6 – Principais afluentes do rio Douro. 13

Figura I.7 – Esboço das regiões climáticas de Portugal (Daveau et al., 1985). 14

Figura I.8 – Precipitação anual média na bacia hidrográfica duriense (adaptado de LNEC, 1994). 14

Figura I.9 – Localização das principais barragens no sector português da bacia hidrográfica do Douro (adaptado de LNEC, 1994). 18

Figura I.10 – Fotografia e ilustração de barcos rabelos. 19

Figura I.11 – O cachão da Valeira (fotografia). 20

Capítulo II

Figura II.1– Cheia de 1909. Fotografia de Alvão (in Brito, 2001). 27

Figura II.2 – Alturas atingidas pelas cheias relativamente ao Zero Hidrográfico e às pontes Pênsil (1843-1886) e de D. Luís I (a partir de 1886) (adaptado de Oliveira, 1973). 28

Figura II.3 - Naufrágio do vapor «Porto», em 29 de Março de 1852 (fotografia). 31

Capítulo III

Figura III.1 – «Planta Geográfica da Barra da Cidade do Porto», (Rebelo da Costa, 1789). 38

Figura III.2– Principais edificações e seu contexto histórico. 41

Figura III.3 – **a)** Esquema do Castelo de S. João da Foz por Gouveia Portuense. **b)** Aspecto actual da Fortaleza de S. João da Foz (fotografia). 42

Figura III.4 – Planta da Fortaleza de S. João da Foz, com as suas sucessivas fases de construção - piso térreo e 1º andar (Barroca, 2001). 43

Figura III.5 – Aspecto actual da capela-farol de S. Miguel-o-Anjo (Cantareira - foz do rio Douro) - (fotografia). 44

Figura III.6 – Estátua togada da Foz (Museu do Carmo, Lisboa) - (fotografia). 46

Figura III.7 – O molhe de Luiz Gomes de Carvalho, de 1820 (fotografias). 47

Figura III.8 – Vista dos molhes de Felgueiras e do Touro (fotografia). 48

Figura III.9 – Molhe das Felgueiras com o seu farolim (fotografia). 49

Figura III.10 – O cais de Carreiros (fotografia). 49

Figura III.11 – O cais de Carreiros - o molhe baixo e parte do molhe alto assentam em gnáisse biotítico e o extremo da estrutura sobrepõe-se a um afloramento de gnaisse leucocrata (Marques et al., 2000). 51

Figura III.12 – Porto de Leixões. Vista aérea actual (in Titan, nº5, 1998) (fotografia). 52

Figura III.13 – «(...)Mapa He Ademonstração da Costa do Mar Desde a Villa de Matozinhos, athe a Barra da Cidade do Porto(...)», por José Gomes da Cruz, 1775 (in Cleto, 1999). 54

Figura III.14 – Proposta de James Abernethy, em 1865, para implementação de um porto artificial na foz do rio Leça (pormenor) (in Cleto, 1998). 55

Figura III 15 – Porto de Leixões ligado ao rio Douro por um canal para navios. Proposta de James Abernethy, em 1879 (in Cleto, 1998). 55

Figura III.16 – Molhe norte visto dos rochedos de Leixões. Um dos dois titãs utilizados na construção do porto de Leixões (pormenor) - (fotografia). 56

Figura III.17 – Projecto de ampliação do porto comercial de Leixões, em meados do século XX (in Cruz, 1998). 57

Capítulo IV

Figura IV.1 – Perspectivas antes e depois do arranjo urbanístico da zona de Sobreiras, na margem direita da foz do Douro (in Borges, 2000) – (fotografia). 74

Figura IV.2 – Alternativas de construção no âmbito das obras destinadas à melhoria da acessibilidade e das condições de segurança na barra do Douro (Peixeiro e Silva, 1999). 75

Capítulo VI

Figura VI.1 - Mapa geológico da faixa metamórfica da foz do Douro (in Marques et al., 2000). 93

Figura VI.2 – Extracto da Carta Geológica de Portugal – Folha 9-C, na escala 1:50000. 94

Figura VI.3 – Granito de Lavadores presente no Cabedelo (fotografia). 95

Figura VI.4 – Pedras do Maroiço (fotografia). 96

Figura VI.5 – Sedimentos grosseiros presentes na parte do Cabedelo voltada ao mar (lado oeste) – (fotografia). 98

Figura VI.6 – Esboço simplificado do Cabedelo do rio Douro, localização da amostragem e distribuição dos valores dos parâmetros estatísticos ao longo do cabedelo e contornos esboçados das áreas correspondentes a cada classe A, B, C e D (adaptado de Fernandes, 1999). 98

Figura VI.7 – Composição mineralógica dos sedimentos arenosos fluviais do rio Douro, com granulometria fina e muito fina (adaptado de Cascalho, 1998). 102

Capítulo VII

Figura VII.1 - 1 – Deslocamento da faixa costeira (A1) em função de uma transgressão marinha (A2) ou de uma regressão (A3).
2 – Pressões exercidas, actualmente, nas zonas costeiras (B1): avanço das águas oceânicas e acções antrópicas (B2). 106

Figura VII.2 - Inter-relações entre os diversos domínios das zonas costeiras. 106

Capítulo VIII

Figura VIII. 1 – Mapa batimétrico abrangendo a zona da plataforma continental, entre os paralelos 41° e 42°. O espaçamento das linhas batimétricas é de 10 metros, estando estas representadas até aos 200 metros de profundidade (adaptado de Rodrigues et al., 1990). 119

Figura VIII.2 – Extracto da Carta Corográfica de Portugal, Folha 9-C, na escala 1:50000, do Instituto Geográfico e Cadastral, 1935. 123

Figura VIII.3 – Migração do Cabedelo do rio Douro para o interior do estuário, desde 1955 até 1996, de acordo com a comparação de fotografias aéreas verticais (Carvalho, 1999). 125

Figura VIII.4 - Excerto da Carta Topográfica nº7 , na escala 1:100000, da Direcção Geral de Trabalhos do Reino (in Cleto, 1998). 126

Figura VIII.5 - Correntes derivadas da deformação da ondulação [correntes longitudinais, de retorno (*rip-currents*) e em zig-zag]. A formação destas correntes depende da obliquidade da ondulação (Carvalho, 1985). 126

Figura VIII.6 – **a)** Pormenor da Ortofotocarta de Portugal, nº122-IV (IGEOE, 1998*a*), representando o porto de Leixões, a norte da foz do Douro. Escala 1:38840. **b)** Pormenor da Ortofotocarta de Portugal, nº122-III (IGEOE, 1998*b*), para sul da foz do Douro. Escala 1:28000. (Ortofotocartas). 129

Figura VIII.7 – A deriva sedimentar na área envolvente à foz do Douro, entre o porto de Leixões e a praia da Madalena. A área de inversão localiza-se em Lavadores (Carvalho, 1999). 130

Figura VIII.8 - O esquema mostra o transporte sedimentar por acção da ondulação ao largo e ao longo do Cabedelo (adaptado de GND). 131

Figura VIII.9 - Dragagens efectuadas na barra do Douro, entre 1972 e 1999 (in Brogueira Dias e Coutinho, 1999). 134

Figura VIII.10 - Volumes anuais e acumulados de dragagens junto ao posto "A", entre 1972 e 1998 (in Brogueira Dias e Coutinho, 1999). 135

Figura VIII.11 – Dragagens e alimentação artificial nas zonas limítrofes da barra do rio Douro. A – porto de Leixões; B – foz do Douro (in Brogueira Dias e Coutinho, 1999). 137

Figura VIII.12 – Estudo baseado em dados cartográficos, evidenciando os limites do Cabedelo desde meados do século XIX até finais do século XX (APDL). 139

Figura VIII.13 – As correntes de enchente e de vazante na foz do Douro. O esquema de base corresponde à monitorização efectuada em Maio de 2002, com recurso ao GPS (adaptado de GND). 141

Figura VIII.14 – Montagem de fotografias aéreas de várias datas, evidenciando a morfologia do Cabedelo.
A – Voo RAF 1947, foto nº5175; **B** – Voo USAF 1958, foto nº4237; **C** – Voo FAP 1968, foto nº4306; **D** – Voo FAP 1970, foto nº2359; **E** – Voo SOMERGUL 1974, foto nº2086; **F** – Voo MAPS 1995, foto nº1400, da Folha 122, Porto, na escala 1:25000. Escala aproximada de 1:38500. 142

Figura VIII.15 – Esquema representativo da circulação estuarina que origina acumulação de sedimentos de fundo e define a zona de máxima turbidez. As setas indicam os sentidos de transporte dos materiais em suspensão (in Suguio, 1982). 144

Figura VIII.16 - Intrusão de água costeira no estuário do Douro. Aspecto superficial (adaptado de Bordalo e Sá, 1991) 144

Figura VIII.17 - Fotografias aéreas da barra do Douro (APDL).
① - 13 Fevereiro de 1995.
② - 24 Janeiro de 1996, onde é possível ver a zona de ruptura do Cabedelo, a sul do Molhe de Luís Gomes de Carvalho. 146

Capítulo IX

Figura IX.1 – Realização do trabalho de campo. Operadora e equipamento utilizado (fotografia). 149

Figura IX.2 – Constelação de satélites GPS (in Dana, 1994). 150

Figura IX.3 – Segmento de controlo do GPS (in Dana, 1994). 151

Figura IX.4 – Medição do código de fases utilizando 4 satélites, para posicionamento tridimensional e determinação do tempo GPS (in Dana, 1994). 152

Figura IX.5 – Contornos do Cabedelo nas diversas monitorizações efectuadas. 159

Figura IX.6 – Sobreposição dos contornos do Cabedelo obtidos nas diversas sessões de trabalho de campo. 162

Figura IX.7– Sobreposição do primeiro e do último levantamento efectuados no Cabedelo através de GPS com a Carta Militar de Portugal, Folha 122, de 1999, à escala 1:25000. (escala da figura 1:21350). 163

Figura IX.8 - Sobreposição do primeiro e do último levantamento efectuados no Cabedelo através de GPS com a Carta Militar de Portugal, Folha 122, de 1981, à escala 1:25000. (escala da figura 1:22250). 163

Figura IX.9 – Variação de volumes por níveis de cota em cada uma das 5 monitorizações efectuadas no Cabedelo do Douro. 165

Figura IX.10 – Limite da maré-baixa e perfis longitudinais efectuados ao longo de diversas campanhas de monitorização do Cabedelo , visando a obtenção de grelhas que possibilitem fazer cálculos de volumes e área do Cabedelo. 166

Figura IX.11 – Distribuição dos volumes sedimentares em cada época de observação, para nível de cota. 167

Figura IX.12 – Limite de tempestade visto para Sul (A) e para Norte (B), definindo um alinhamento longitudinal ao Cabedelo, materializado por acumulação de detritos transportados pelas águas marinhas durante um temporal (fotografias). 168

Figura IX.13 – Cartografia do Cabedelo do Douro obtida por GPS. 169

Figura IX.14 – Lagoa interna do Cabedelo em fase de colmatação (fotografia). 170

Figura IX.15 – Depósitos de dragados no Cabedelo da foz do Douro (fotografias). 171

Figura IX.16 – Alguns aspectos da vegetação presente no Cabedelo (fotografias). 171

Figura IX.17 – Relações gerais entre a amplitude das marés e a altura das ondas, enquanto condicionantes da morfologia costeira (in Davis e Hayes, 1984). 173

Figura IX.18 – Relação geral entre a amplitude média das marés e a altura média das ondas durante o período de observação. A fronteira entre os domínios das marés e das ondas foi estabelecido de acordo com o diagrama generalizado apresentado por DAVIS e HAYES (1984). 173

Figura IX.19 – Estrutura do modelo de saída de campo segundo Orion (1993). 178

Figura IX.20 – Interacções do tipo CTS (adaptado de Santos, 1999). 180

Figura IX.21 – Inter-relações entre o Homem e os diferentes componentes do ambiente que o envolve. 183

ÍNDICE DE QUADROS

Página

Capítulo I

Quadro I.1 – Características das principais barragens portuguesas da bacia hidrográfica do rio Douro (adaptado de LNEC, 1994). 17

Capítulo II

Quadro II.1 – Caracterização dos regimes de diversos rios europeus (adaptado de Silva, 1990). 23

Capítulo III

Quadro III.1 - Evolução da população entre 1878 e 1981 (número de habitantes) na freguesia da Foz do Douro (A) e no Concelho do Porto (B) (adaptado de Fernandes, 1989). 37

Quadro III.2 – População residente nas freguesias da foz do Douro e de S. Pedro da Afurada. Fonte: *Censos 2001*. XIV Recenseamento Geral da População. IV Recenseamento Geral da Habitação. Resultados Preliminares da Região Norte. Instituto Nacional de Estatística. 37

Capítulo VI

Quadro VI.1 - Composição mineralógica de algumas amostras de sedimentos do Cabedelo (ver localização na Figura VI.5). O termo "quartzo" refere-se a grãos quartzosos, quer sejam de origem ígnea, filoniana ou quartzítica (adaptado de Fernandes, 1999). 101

Capítulo VIII

Quadro VIII.1 – Quadro Estratégico proposto pela União Internacional das Ciências Geológicas (IUGS), em 1989, para as divisões da Era Cenozóica (in Araújo, 1991). 120

Quadro VIII.2 – Volumes dragados ao longo do canal do rio Douro, entre 1959 e 1962 (adaptado de IHRH, 1989). 133

Quadro VIII.3 – Classificação dos materiais dragados (adaptado de Paixão, 2000). 138

Capítulo IX

Quadro IX.1 – Principais características dos sinais (a) e dos códigos GPS (b). 153

Quadro IX.2 – Lista de equipamento utilizado no trabalho de campo. 155

Quadro IX.3 – Campanhas de observação realizadas no Cabedelo do rio Douro. 156

Quadro IX.4 – Largura aproximada (em metros) do canal de acesso à barra do Douro. 161

Quadro IX.5 – Distribuição de volumes por níveis de cota nas cinco campanhas de observação e as diferenças volumétricas entre Dezembro de 2002 e dezembro de 2001, bem como entre o primeiro e o último levantamento. 165

Quadro IX.6 – Distribuição das áreas por alturas métricas e a diferença nas áreas ocupadas pelo Cabedelo entre Dezembro de 2002 e Dezembro de 2001, bem como entre a primeira e a última monitorização com realização de grelhas (Março de 2003 e Dezembro de 2001). 167

Quadro IX.7 – Locais a visitar em cada paragem. 185

Quadro IX.8 – Proposta de desenvolvimento de uma actividade de trabalho de campo na região da foz do Douro numa vertente CTSA. 186

LISTA DE ABREVIATURAS

2-D	Duas dimensões
a.C.	Antes de Cristo
ACP	Associação Comercial do Porto
AHMP	Arquivo Histórico e Municipal do Porto
ANTT	Arquivo Nacional da Torre do Tombo
ap.	(apud), «segundo»; «citado por»
APDL	Administração dos portos do Douro e Leixões
Cf.	(confer), «confira»
CMFD	Complexo Metamórfico da Foz do Douro
CMP	Câmara Municipal do Porto
CPPE	Companhia Portuguesa de Produção de Electricidade
CTS	Ciência/Tecnologia/Sociedade
CTSA	Ciência/Tecnologia/Sociedade/Ambiente
d	diâmetro
d.C.	Depois de Cristo
DGPS	GPS em modo diferencial
DRA	Direcção Regional do Ambiente
E	Este
ENE	Este-Nordeste
EPP	Ensino por Pesquisa
et al.	(et alli), «e outros»
Fasc.	fascículo
fl.	fólio
G.a.	Giga anos
GND	Gabinete de Navegabilidade do Douro
GPS	Global Positioning System
hm^3	hectómetro cúbico
Ibid.	(ibidem), «no mesmo lugar»
Id.	(idem), «a mesma coisa»
Id., ibid.	(idem, ibidem), «o mesmo autor, a mesma obra, a mesma página»
IHRH	Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos
INAG	Instituto nacional da Água
IND	Instituto de Navegabilidade do Douro

Km	Quilómetro
L/s/Km^2	Litro por segundo por quilómetro quadrado
liv.	livro
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
L^o	Livro
m	metro
M.A.	Ministério do Ambiente
m^3	metro cúbico
m^3/s	metro cúbico por segundo
Ma	Milhão de anos
MARN/MM	Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais/Ministério do Mar
MHz	megahertz
N/S	Norte/Sul
NNW	Norte-Noroeste
núm.	número
NW	Noroeste
°C	Graus Celsius
p.	página
passim	aqui e ali
PDM	Plano Director Municipal
POOC	Plano de Ordenamento da Orla Costeira
pp.	páginas
sic	assim
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SSE	Sul-Sudeste
TLN	Triangulação por Interpolação Linear
UGFD	Unidade de Gnaisses da Foz do Douro
ULO	Unidade de Lordelo do Ouro
W	Oeste
WNW	Oeste-Noroeste
WSW	Oeste-Sudoeste
Z.H.	Zero Hidrográfico
ZCI	Zona Centro Ibérica
ZOM	Zona de Ossa Morena

Nasce uma fonte
Rumorejante
Na encosta dum monte;
E mal que do seio
Da terra brotou, logo o seu veio
Transparente
E diligente
Buscou e achou
Mais baixo lugar...

E sempre descendo,
E sempre a cantar,
Vai andando,
Galgando,
Vencendo,
(Ou tenta vencer...)
Numa confiante e persistente lida,
Folha, raiz, areia, o que tolher
A sua descida...

Ao brotar da dura frágua
- É uma lágrima de água...

Mas esse humilde fiozinho,
Que um destino bom impele,
Encontra pelo caminho
Um outro que é como ele...

Reúnem-se, fundem-se os dois.
Prosseguem de companhia,
E fica dupla depois,
A força que os leva e guia...

Junta-se aos dois um terceiro,
Outros confluindo vão,
E o regato é já ribeiro
E o ribeiro é rio então...

E nada agora o domina
Ao fiozinho da fonte;
Entre colina e colina,
Ou entre um monte e outro monte.

Caminha sem descansar,
Circula através do mundo
- Até à beira do mar
Omnipotente e profundo

Augusto Gil, *Luar de Janeiro*, 1945

INTRODUÇÃO

«É quase dia. Sobre o nascente duas nuvenzinhas como véus. Já distingo as silhuetas dos homens alando as artes contra a luz.»

Raul Brandão, *Os Pescadores*

«A própria paisagem só depois que a perdi é que a entendi bem, talvez porque a amo mais. Diante de mim têm desfilado as maiores e as mais belas, mas há uma humilde que faz parte integrante do meu ser.»

Raul Brandão, *Os Pescadores*

Os laços afectivos que me ligam à cidade em que nasci, cresci e me formei e onde, actualmente resido e trabalho, bem como o interesse que tenho vindo a desenvolver por toda a sua região limítrofe, ditam que o Porto seja, de alguma forma, o objecto desta dissertação.

A sua parte ocidental, espraiando-se até ao mar, e a meridional, contígua à foz de um rio imponente, desde sempre me atraíram, dado reunirem peculiaridades que as destacam do restante espaço urbano.

A riqueza da região, no que concerne à sua história, geologia e geomorfologia, exorta-nos a conhecê-la melhor, e é na foz do rio Douro que essas áreas do conhecimento se cruzam com maior acuidade.

Não é possível, porém, contemplar a foz sem que os olhos captem a enorme estrutura arenosa jacente na margem esquerda do rio – o **Cabedelo**.

Esta imensa língua de areia possui características únicas que fazem dela um local atractivo para o lazer e, ao mesmo tempo, incentivador da prática pedagógica.

Neste âmbito, o trabalho de campo, enquanto estratégia de índole construtivista encontra, aqui, as condições para a consecução de uma verdadeira cultura científica, mormente nas áreas da Geologia e do Ambiente.

A clareza dos pormenores geológicos e geomorfológicos presentes no Cabedelo, os problemas de carácter ambiental, o posicionamento geográfico e a boa acessibilidade permitem perspectivar, nesta zona, uma actividade de trabalho "in loco" capaz de incutir nos alunos a curiosidade pelo mundo natural e a motivação para o interpretar e compreender, tendo em vista a sua protecção.

Na região da foz do Douro, particularmente no Cabedelo, a aplicação de um modelo investigativo baseado na formação/resolução de problemas desenvolverá, nos discentes, capacidades, atitudes e valores e propiciarão uma verdadeira aprendizagem de novos conceitos no campo da Geologia.

Pretende-se, com este trabalho, que os alunos, futuros sujeitos decisórios, possam desde já assumir um posicionamento crítico e reflexivo face às problemáticas situações do quotidiano.

Numa época em que o interesse pela Educação é crescente assistimos a uma tentativa, cada vez mais exaltada, de valorização do Homem enquanto membro de um conjunto globalizante que urge preservar – o Ambiente. É apenas mais um membro, mas é o grande responsável pela situação actual do planeta, e só a ele caberá o grande desafio de mudar, pelo menos em parte, o rumo da evolução.

Pretende-se com este estudo interligar duas vertentes do conhecimento de importância vital: uma, predominantemente teórica, em torno da caracterização da Bacia Hidrográfica Duriense, passando pela descrição da foz do Douro e seu enquadramento histórico-social, e focando, também, diversos problemas técnico-científicos, sociais, pedagógicos e ambientais, em suma, humanos; a outra, de teor prático e intervencionista, não passando de uma consequência daquela vertente teórica, propõe-se concretizar os pensamentos e as palavras, transformando-os em acção.

Consciente das amplas modificações operadas por uma sociedade tecnológica cada vez mais emergente, em que é manifesto o progresso dos valores materiais em detrimento dos valores culturais, pondo em causa a natureza humana, este trabalho, ao alertar para alguns problemas com que as sociedades se debatem, particularmente as litorâneas, tem a modesta pretensão de contribuir para a sua minimização.

Tendo em vista a concretização do percurso que desejamos trilhar no âmbito desta tese, optámos por uma metodologia que se socorreu de fontes variadas, tanto de carácter geral como de carácter específico.

A dissertação apresenta-se organizada em dois volumes, constituindo o primeiro o corpo principal do trabalho, e reunindo o segundo o conjunto de todos os documentos remetidos para Apêndice ou Anexo, visando completar ou esclarecer a informação presente no volume inicial. Os dez apêndices e os três anexos que fazem parte do segundo volume reúnem dados geológicos, históricos e cartográficos, bem como informações diversas, nomeadamente respeitantes ao processamento dos dados do campo.

Procurar-se-á, nos nove capítulos que compõem o volume inicial, examinar alguns traços geomorfológicos, geológicos, histórico-sociais e educacionais que visam possibilitar a caracterização e uma melhor compreensão da região circundante do Cabedelo.

O capítulo inicial aborda, sumariamente, os aspectos marcantes da caracterização da Bacia Hidrográfica do Douro, nas suas vertentes geográfica, geológica, orográfica, hidrológica e climatológica.

Pois que nenhuma descrição do Douro pode surgir desvinculada dos factos que marcaram, de algum modo, a história deste grandioso rio, o segundo capítulo é dedicado às cheias extraordinárias do Douro e aos naufrágios ocorridos nas imediações da sua barra. Esta faceta histórica ainda hoje se repercute nos anseios das populações ribeirinhas.

O capítulo terceiro foi considerado, por nós, fundamental para a compreensão e o enquadramento histórico do Cabedelo da foz do Douro. Uma exaustiva pesquisa bibliográfica reúne os principais testemunhos do património da região em estudo, com destaque para a evolução da ocupação humana nesta zona do litoral português. De salientar, também, a caracterização da barra e seus perigos para a navegação, numa época em que as trocas comerciais foram alvo de expansão, mas durante as quais o homem pouco ou nada podia fazer, dada a periculosidade da transposição da barra. Referimos, neste capítulo, as principais edificações que, de alguma forma, visaram contribuir para a segurança do porto do Douro e consequente sucesso comercial.

Uma caracterização completa do Cabedelo requer a interligação do tempo e do espaço para uma explanação conveniente, pelo que o quarto e quinto capítulos visam prolongar e complementar os capítulos anteriores.

Assim, o quarto capítulo procura reunir os tópicos dos principais projectos, estudos e obras para o melhoramento das condições de acesso à barra do Douro, bem como as respectivas ilustrações. Do conjunto destas propostas, abrangendo o período compreendido entre o século XVIII e a actualidade, poucas tiveram implemento, quer por atraso nas decisões, quer pela diversidade de sugestões.

Tendo este trabalho o objectivo de traçar a evolução morfodinâmica actual do Cabedelo através da utilização de tecnologias avançadas, o resultado final será a obtenção da cartografia daquela estrutura arenosa, pelo que nos pareceu interessante destacar trabalhos cartográficos antigos, realizados com objectivos específicos, geralmente relacionados com o contexto sócio-político da época a que se reportam.

É no quinto capítulo que estão reunidos alguns exemplares da antiga cartografia urbana do Porto, construídos sem o recursos às tecnologias de que actualmente dispomos, abrangendo a foz do Douro e a sua barra, onde podemos encontrar o Cabedelo. No mesmo capítulo traça-se a evolução geral dos métodos cartográficos e dos diferentes tipos de representações, bem como se mostram produzidos alguns exemplares desenvolvidos entre

os séculos XVII e XIX, tendo em vista a valorização da vertente histórica desta dissertação.

O trabalho que aqui se apresenta enquadra-se no âmbito da Geologia, pelo que considerámos fulcral a caracterização geológica da foz do Douro e, particularmente, do Cabedelo, o que procuramos explicitar no sexto capítulo.

A riqueza geológica vem valorizar todo o ambiente do Cabedelo e da foz do Douro, convertendo-os em locais de interesse didáctico no domínio da Geologia.

O sétimo capítulo trata dos processos que condicionam a evolução do litoral, quer de ordem natural, quer antrópica. Estando a zona em estudo localizada numa faixa costeira sensível, revela-se fundamental o conhecimento dos factores que a afectam, nomeadamente os de origem continental, oceânica, atmosférica e, em última instância, antrópica.

De facto, as zonas costeiras têm vindo a sofrer degradação acentuada e crescente, agravada, indiscutivelmente, pela acção antropogénica. A ocupação desmesurada das orlas litorais, zonas de uma especial sensibilidade, condiciona directa e/ou indirectamente o seu equilíbrio, pelo que se tornou necessário abordar algumas das possíveis soluções para o problema da erosão costeira registada a nível nacional e global.

O capítulo seguinte centra-se no comportamento do Cabedelo da foz do Douro face às várias pressões que lhe são impostas. Nele são avaliados os diferentes factores que condicionam a evolução morfodinâmica do Cabedelo.

Da pesquisa bibliográfica efectuada, que se apresenta neste oitavo capítulo, sobressai a acentuada dinâmica do Cabedelo, especialmente no respeitante à sua extremidade norte.

O nono e último capítulo pretende ser, em parte, um complemento do capítulo anterior, na medida em que através dos dados obtidos durante o trabalho de campo que está inerente a esta dissertação, se tenta confirmar e concluir sobre o comportamento e a evolução do Cabedelo.

O uso de tecnologias avançadas, como é o caso do GPS - instrumento com aplicações múltiplas na sociedade contemporânea - permite traçar a cartografia actual daquela estrutura arenosa. O conhecimento da morfologia sazonal da restinga é aqui confrontado com dados reais, validando as explanações presentes no oitavo capítulo.

Valorizamos a história mas não pretendemos ficar cativos de um dado momento histórico. É nosso intuito, isso sim, apresentar e defender ideias que o futuro se encarregará de legitimar.

A actual evolução do Cabedelo, desenvolvida nesta dissertação, tenta assim enquadrar-se no contexto histórico que pretendemos salientar no presente trabalho. O

tempo é uma constante e a história faz-se a cada momento, pelo que uma visão actual contribui para valorizar e complementar a supracitada componente histórica.

Pretende este trabalho aliar-se, igualmente, ao crescente interesse pela educação em Portugal, prestando assim justa homenagem a quem deseja a mudança.

Importa salientar, no término desta introdução, o desafio que nos impusemos, de tudo tentar na esperança de, porventura, contribuir para a desestruturação de concepções dominantes, em prol da concretização de aspirações e do despertar de consciências dormentes pois, parafraseando Edmund Burke, "ninguém fez pior do que aquele que não fez nada só porque podia fazer muito pouco"...

Nasceu o famoso rio
Em Urbión; nasceu lindo,
Com suas perlas em fio
Pela montanha caindo...

Da província de Logronho,
Encostadinha à de Sória,
Abalou, claro e risonho,
Envolto num sol de glória.

Tão gracioso a correr!
Brincava em areias de ouro...
Razão para merecer
O nome de rio Douro!

Matias Lima, *Rio Douro*, 1950

I

CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOURO

«Manhã. O traço do cabedelo separa o azul do rio do pó verde do mar. O hálito salgado que respiro renova todas as tintas, e a Outra Banda, como um biombo verde, emerge no fundo do quadro. Azul – mais azul ainda...»

Raul Brandão, *Os Pescadores*

I - CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOURO

I.1 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

De montante para jusante é notória a enorme trincheira hidrográfica lavrada pelo poderoso curso do rio Douro, que segue, por vezes, em contorcidos meandros e vales alcantilados.

A bacia hidrográfica do Douro ocupa, na Península Ibérica, uma área de 98370 Km^2, dos quais 18550 Km^2 se incluem em território português (MARQUES e PEDROSA, 1990), ao longo de um percurso total de 927 Km (LNEC, 1994). [1] Apesar de ocupar o terceiro lugar relativamente à extensão do curso fluvial, ela constitui a maior bacia hidrográfica Ibérica (Figura I.1), apresentando a forma de um losango, cuja diagonal maior assume uma orientação predominantemente Este-Oeste (OLIVEIRA, 1973), entre os meridianos 01° 43'W e 8° 40'W e os paralelos 40° 20'N e 43° 10'N (LNEC, 1994).

Figura I.1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Douro. Esta bacia é limitada, a norte, pelas bacias hidrográficas dos rios Leça, Ave, Cávado, Lima, Minho, Nalón, Sella, Deva e Nansa; a leste, pela bacia hidrográfica do Ebro e, a sul, pelas bacias dos rios Mondego, Vouga e Tejo. Desagua, a oeste, no Oceano Atlântico (adaptado de LNEC, 1994).

[1] No que diz respeito aos valores numéricos apresentados, as opiniões diferem um pouco de autor para autor. Cf. J. M. OLIVEIRA (1973, p.122), VASCONCELOS e SÁ (1994, p.8) e LNEC (1994, p.2).

I.2 – ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A região da bacia hidrográfica duriense ocupa parte de duas grandes unidades geomorfológicas peninsulares: o Maciço Hespérico e a Meseta Setentrional (LNEC, 1994), como é visível na Figura I.2.

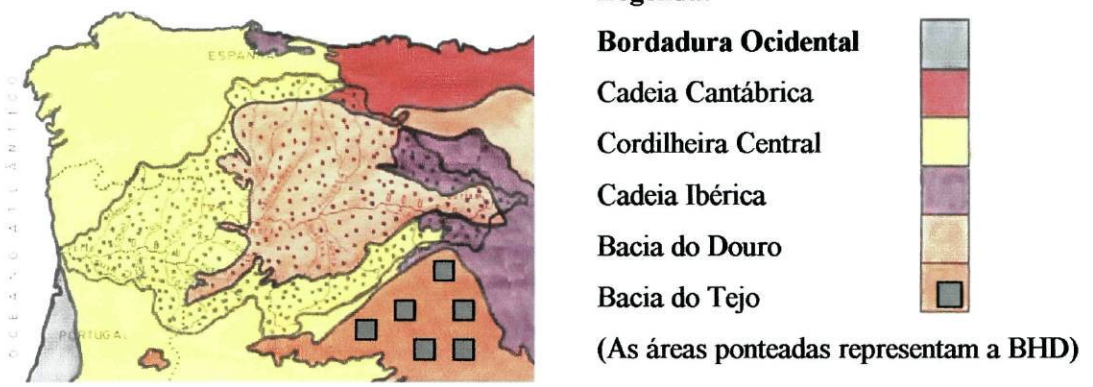


Figura I.2 – Unidades morfo-estruturais atravessadas pela bacia hidrográfica do Douro. (Adaptado de RIBEIRO et al., 1979 e LNEC, 1994).

Em termos morfo-estruturais, a rede hidrográfica do rio Douro abrange parte do Soco Hercínico a que se chama Maciço Hespérico.[2] Esta unidade ocupa a parte ocidental e central da Península Ibérica e é atravessada pela Cordilheira Central (um horst gerado durante a compressão alpina, alongado na direcção ENE-WSW), que se eleva dos 1000 aos 2592 metros de altitude (RIBEIRO et al., 1979).

A Cordilheira Central terá sido responsável pela fragmentação do Maciço Hespérico em dois blocos, e é na parte leste da Meseta Norte daí resultante que se encontra uma unidade geológica característica – a Bacia do Douro.

Esta unidade morfo-estrutural, situada a uma altura média de 800 metros, é constituída por sedimentos aluviais e diluviais Cenozóicos (Terciários e Quaternários), acumulados pela drenagem deste rio (RIBEIRO et al., 1979; LNEC, 1994).

A parte oeste da bacia hidrográfica do Douro localiza-se em território português e corresponde ao Maciço Hespérico acima referido, sendo possível identificar extensos afloramentos graníticos (Figura I.3), acompanhados do Complexo Xisto-Grauváquico (do

[2] O Maciço Hespérico surge, por vezes, denominado por Meseta Ibérica. Mas, como referem A. RIBEIRO et al. (1979, p.8), o termo *meseta* significará "pequena placa", pelo que deverá ser aplicado unicamente em termos geomorfológicos.

período Pré-Câmbrico da Era Paleozóica) e de xistos e grauvaques (dos períodos Silúrico e Ordovícico da Era Paleozóica) (LNEC, 1994).

A baixa permeabilidade destes complexos litológicos contribui para a presença de um número considerável de afluentes do rio Douro em território nacional (LNEC, 1994).

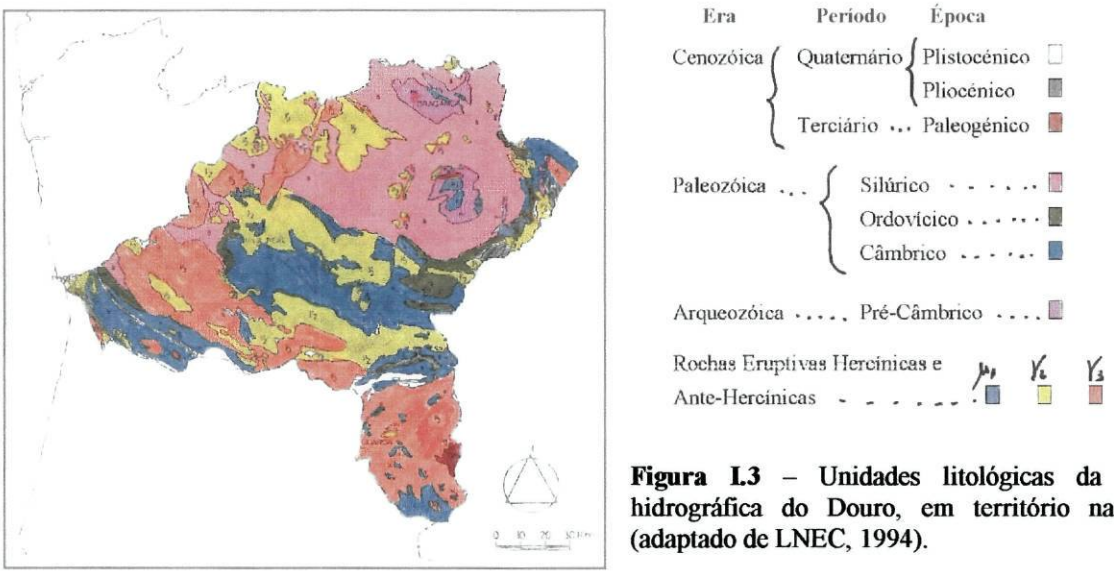


Figura I.3 – **Unidades litológicas da bacia hidrográfica do Douro, em território nacional (adaptado de LNEC, 1994).**

Dada a zonalidade verificada na paleogeografia, no estilo tectónico, no magmatismo e no metamorfismo do Maciço Hespérico, RIBEIRO et al. (1979) consideram o Soco Hercínico dividido em diversas zonas, evidenciadas na Figura I.4.

Tendo em conta a localização da zona em estudo – genericamente, foz do rio Douro – abordaremos, sumariamente, as litologias da **Zona Centro Ibérica** (ZCI) e da **Zona de Ossa Morena** (ZOM).

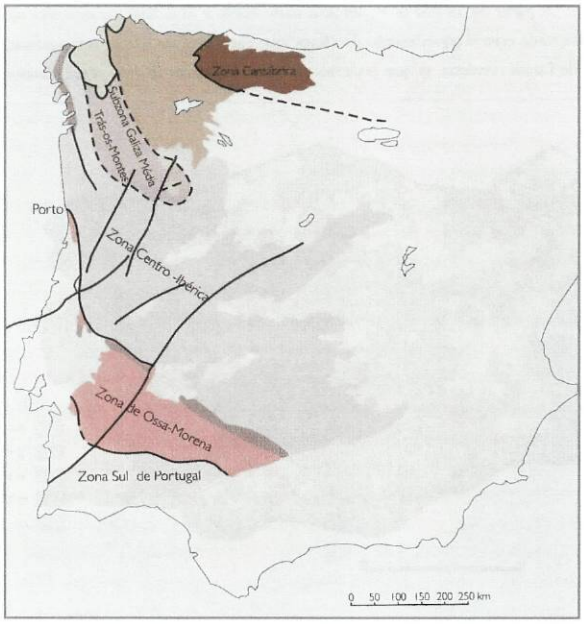


Figura I.4 – Zonas paleogeográficas e tectónicas do Maciço Hespérico, na Península Ibérica (RIBEIRO et al., 1979).

A ZOM separa-se da ZCI através de uma faixa de cisalhamento com idade Proterozóica Média Superior (PEREIRA, 1987; LETTERIER e NORONHA, 1998), intitulada "faixa de cisalhamento de Porto-Tomar" (RIBEIRO et al., 1979), constituída por

rochas metassedimentares associadas a ortognaisses de diferentes tipos (MARQUES et al., 2000), que se estende desde os arredores do Porto (BORGES et al., 1985; NORONHA, 1994), passando por Espinho, Albergaria-a-Velha (RIBEIRO et al., 1980; 1995), Tomar (RIBEIRO et al., 1979; OLIVEIRA et al., 1992), e prolongando-se para Espanha.

A ZCI é caracterizada, nesta região, essencialmente pela presença de micaxistos do Complexo Xisto-Grauváquico (MARQUES et al., 2000), bem como de rochas graníticas variadas, nomeadamente as pertencentes ao grupo dos "younger granites", com 280±10 Ma e as que se integram nos "older granites", com 310±10 M.a. (NORONHA, 1988; MARQUES et al., 2000). Por exemplo, os granitos de Lavadores e do Castelo do Queijo integram-se, segundo os mesmos autores, nos "younger granites" – granitos biotíticos ou essencialmente biotíticos.

Efectivamente, estas rochas plutónicas (presentes nas margens direita e esquerda da foz do rio, respectivamente), deverão ter aproveitado uma zona de fraqueza da crosta terrestre correspondente ao contacto entre aquelas duas grandes unidades tectónicas, instalando-se no seio de rochas mais antigas, formando, por vezes, contactos bruscos com aquelas litologias (MARQUES et al., 2000).

No **capítulo VI** abordaremos alguns pormenores da geologia local do Cabedelo.

I.3 – OROGRAFIA E REDE HIDROGRÁFICA DO DOURO

Dadas a extensão, variações estruturais que encerra e ainda as cambiantes climáticas que exibe, a bacia hidrográfica do Douro apresenta uma vasta gama de formas, o que lhe confere marcado interesse geomorfológico.

O rio Douro, tal como todos os outros, faz parte de um sistema constituído pelo conjunto de cursos de água que, de modo hierarquizado, compõem a sua rede hidrográfica. Nasce na Serra de Urbión, em Castela-a-Velha, correndo através da Meseta Ibérica com carácter de rio de planalto (VASCONCELOS E SÁ, 1994).

Desde Urbión até Sória, o rio corre de Noroeste para Sudeste, dirige-se para Sul por Almazán e ruma para Oeste até Valladolid, passando por Aranda del Duero. Inflectindo para Sudoeste, desloca-se para Tordesilhas e Castronuño. Segue, posteriormente, para Noroeste, aproximando-se de Toro. De novo para Oeste, desta vez por Zamora, chega à fronteira portuguesa, percorrendo-a para Sudoeste, ao longo do curso internacional,

passando por Miranda do Douro até Barca d'Alva, ao longo de 122 Km. O percurso restante é feito em território nacional (TATO, 1972), num trecho que ronda os 213 Km (RODRIGUES, 1972; OLIVEIRA, 1973).

Até à foz do Douro, entre as cidades do Porto e Vila Nova de Gaia, o rio retoma a direcção Oeste, sendo o declive médio das zonas atravessadas bastante suave (LNEC, 1994).

A bacia hidrográfica duriense alarga-se, em Portugal, mais na margem direita do que na esquerda (Figura I.5), já que a sul as massas orográficas de Montemuro, Leomil e Lapa se apertam de encontro ao rio (MARQUES e PEDROSA, 1990; VASCONCELOS E SÁ, 1994), não se verificando grande variação de altitude.

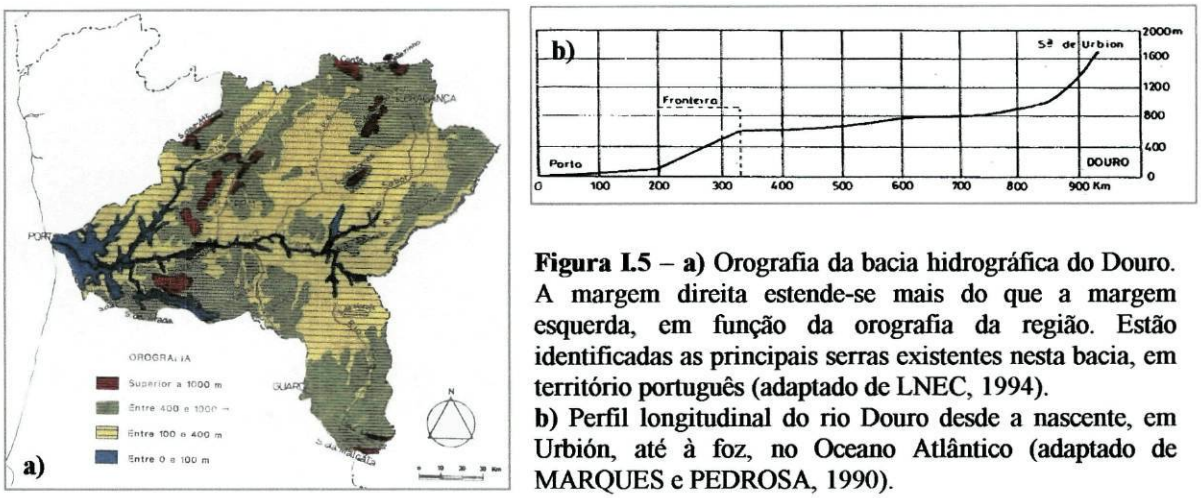


Figura I.5 – a) Orografia da bacia hidrográfica do Douro. A margem direita estende-se mais do que a margem esquerda, em função da orografia da região. Estão identificadas as principais serras existentes nesta bacia, em território português (adaptado de LNEC, 1994).
b) Perfil longitudinal do rio Douro desde a nascente, em Urbión, até à foz, no Oceano Atlântico (adaptado de MARQUES e PEDROSA, 1990).

Na margem a norte esta variação é maior, contrastando a área em redor de Mirandela, cuja cota é inferior a 400 metros, com a área adjacente a várias serras como, por exemplo, Marão, Alvão, Padrela, Bornes, Nogueira e Montesinho (LNEC, 1994).

Apresentando declive acentuado na parte inicial do seu curso, desde Urbión até Sória, o rio percorre depois cerca de 400 Km em declive suave, descendo apenas 400 metros até Zamora. Desta região até à foz do rio Huebra (o que corresponde, aproximadamente, ao percurso do Douro internacional), o declive aumenta novamente, descendo 450 metros em apenas 150 Km.

Apenas no troço nacional o declive suaviza novamente, até o Douro atingir as águas do Oceano Atlântico, na cidade do Porto, perfazendo, de Barca d'Alva até à foz do rio, apenas 120 m de desnível (RODRIGUES, 1972).

O rio Douro possui uma vasta rede hidrográfica, com afluentes importantes que descem de grandes altitudes, abundantes de pluviosidade, e cujos perfis transversais assumem a configuração de um "V" mais ou menos aberto. A extensa bacia hidrográfica

do Douro é constituída por vinte e cinco afluentes principais, contribuindo para o regime hídrico deste rio (BORDALO e SÁ, 1991). Os afluentes, por seu lado, são alimentados, geralmente, pelos seus próprios afluentes, igualmente numerosos e extensos.

Ao limitar o espraiamento das águas pelas margens, estes rios contribuem para a formação e agravamento das cheias, assunto que abordaremos no capítulo II.

Os principais afluentes do rio Douro estão representados no esquema da Figura I.6.

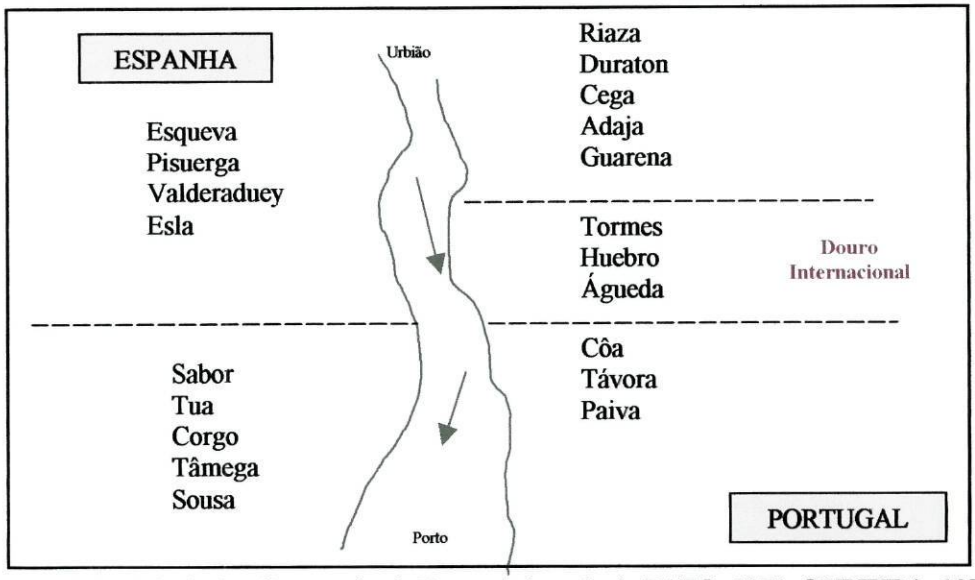


Figura I.6 – Principais afluentes do rio Douro (adaptado de TATO, 1972; OLIVEIRA, 1973, LNEC, 1994 e DIONÍSIO, 1994).

I.4 – O CLIMA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO DOURO – PARTICULAR ENFOQUE NA REGIÃO DA FOZ DO RIO

Portugal Continental encontra-se com o Atlântico nos seus limites oeste e sul, o que equivale a dizer que praticamente metade do seu perímetro contacta com águas oceânicas.

Estando a bacia hidrográfica do rio Douro localizada na zona norte do país, ela é fortemente influenciada pelas perturbações meteorológicas vindas de ocidente, frequentemente caracterizadas por invasões de ar húmido e frio. Além da temperatura do ar e da humidade atmosférica, também a pluviosidade, a evaporação, o nevoeiro, a nebulosidade, a intensidade da radiação solar directa e ainda a pressão atmosférica se incluem nos elementos climatológicos, mencionados por MACHADO (1938), que actuam na bacia hidrográfica do Douro.

DAVEAU et al. (1985) distingue, entre os climas atlânticos, as regiões climáticas propriamente litorais (Figura I.7), como sendo caracterizadas por amplitudes térmicas acentuadas, frequentes nevoeiros de advecção, raramente atingidas por vagas de calor continental estival e localmente flageladas por ventos marítimos.

Por consequência, o clima nesta região revela-se húmido, já que a distância impede a amenização que o clima mediterrânico poderia conferir.

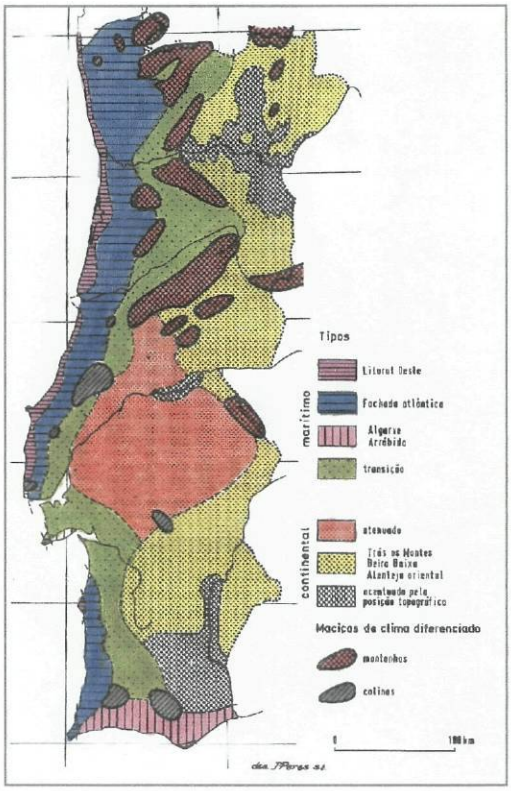


Figura I.7 - Esboço das regiões climáticas de Portugal, segundo DAVEAU e seus colaboradores (1985).

Segundo dados do LNEC (1994), verifica-se que cerca de 85% da precipitação média anual se distribui, no sector português da bacia hidrográfica do Douro, pelos meses mais húmidos (Outubro a Maio) e que, genericamente, se verifica um decréscimo gradual da pluviosidade da zona litoral para a interior (Figura I.8), bem como da direcção N-NW para a região sul da bacia. Este gradiente parece resultar da diminuição progressiva da intensidade e frequência da penetração das massas de ar atlânticas, bem como da acção do relevo, responsável por uma divisão regional climática, facilitando ou dificultando a circulação das massas de ar sobre o continente (DAVEAU et al., 1985).

PEDROSA et al. (1985) quantificam e distribuem temporalmente os valores da precipitação da região do Porto, com base em dados de duas estações meteorológicas destinadas à análise do clima da área portuense: Porto - Serra do Pilar e Porto - S. Gens.

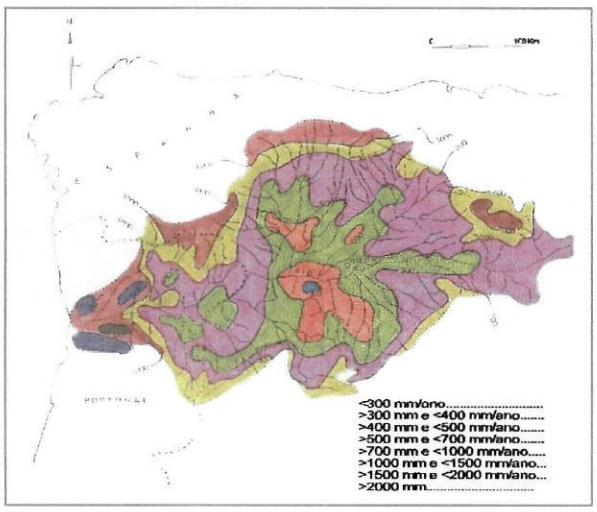


Figura I.8 - Precipitação anual média na bacia hidrográfica duriense (adaptado de LNEC, 1994).

Focando-se este trabalho na foz do rio Douro, importa mencionar que o primeiro trabalho conjunto sobre o clima da região que a envolve foi publicado, em 1899, por Ricardo Jorge (MAIA, 1994).Para este higienista,[3] a região do Porto (abrangendo a sua barra) teria um «Clima marítimo, temperado morno, de Inverno suave e Verão moderado, sujeito a variações rápidas de temperatura, moderadamente húmido, com neblinas e nevoeiros frequentes e com ventos predominantes de oeste.» (ap. MAIA, 1994, p.99).

Armando Coelho da SILVA (2000) refere-se, igualmente, à ocorrência de nevoeiros que afectam a região onde desagua o rio Douro. A sua formação parece ter diversas origens e, numa zona de confluência entre o rio e o oceano, este fenómeno será bastante frequente. Os nevoeiros ocorrem, normalmente, em mais de 120 dias uniformemente distribuídos ao longo do ano, verificando-se apenas um ligeiro mínimo nos meses de Maio e Junho e dois máximos – Agosto e Dezembro.

O mesmo autor, baseado em OLIVEIRA (1973), tece algumas considerações sobre a distribuição mensal dos rumos dos ventos, distribuição essa que sofre variações profundas ao longo do ano. Também ele defende que nos meses mais quentes – de Abril a Agosto – predominam as orientações dos quadrantes marítimos (WNW a NW), enquanto nos restantes meses são mais frequentes os ventos de E-SSE.

Na classificação de KÖPPEN (1932)[4] pode considerar-se o clima da área em estudo do **tipo Csb**[5] (MAIA, 1994; SILVA, A.C., 2000), pelo facto de apresentar temperaturas médias compreendidas entre os 3ºC e os 22ºC e o mês mais seco receber menos de um terço da precipitação do mês mais húmido.

Assim sendo, as descrições referidas, algumas de longa data,[6] não são muito diferentes da situação actual, pesem embora algumas alterações climáticas (quer de origem natural e, portanto, cíclica, quer de origem antrópica) que o globo terrestre tem vindo a sofrer.

---

[3] Ver pormenores na sua obra *Demografia e Hygiene da Cidade do Porto*, de 1899.

[4] Wladimir Köppen (1846-1940), alemão, foi botânico amador e climatologista, tendo desenvolvido um sistema de classificação climática ainda hoje utilizado (http://geography.about.com, em 10/11/02).

[5] Nesta tipologia, cada letra tem um significado:

C – média térmica do mês mais frio que, nesta região, se situa entre os 0ºC e os 18ºC;

s – o mês mais chuvoso de Verão tem menos de 30 mm de chuva e o mês mais chuvoso de Inverno tem pelo menos o triplo de precipitação que o mês mais seco de Verão.

b – a temperatura média do mês mais quente é inferior a 22ºC (MAIA, 1994).

Nesta categoria compreendem-se os melhores climas do globo terrestre (MAIA, 1994).

[6] Já o padre Agostinho Rebelo da Costa, na sua *Descrição Topográfica e Histórica da Cidade do Porto*, em 1789 (p.35), referindo-se à generosidade do clima diz «Se observa a bondade e pureza do ar, que se respira nesta Cidade. Não obstante ser muito sujeita aos nevoeiros, que em algumas manhãs se levantam do rio Douro, ver-se-á que os seus moradores [...] gozam um ar puro e útil à conservação das suas vidas.»

I.5 – HIDROLOGIA DURIENSE

I.5.1 – REGIME HIDROLÓGICO

O rio Douro apresenta, ao longo do seu curso, características hidráulicas bem definidas, pelo que é possível considerá-lo dividido em três troços distintos (LNEC, 1994; SILVA, 1990).

O troço inicial engloba o percurso do rio sobre o planalto da Meseta Setentrional, ao longo de cerca de 500 Km, desde a sua nascente até à zona a montante da confluência com o rio Esla. Tanto a precipitação média (570 mm) como o caudal específico (3,4 l/s/Km^2) assumem, nesta zona da bacia hidrográfica, valores considerados pequenos (LNEC, 1994). Dados o baixo declive das regiões atravessadas pelo caudal do rio e a elevada permeabilidade dos terrenos, as precipitações infiltradas demoram a acorrer ao leito do Douro, pelo que as cheias verificadas neste primeiro troço são de fraca intensidade e de formação relativamente lenta.

O trecho intermédio coincide, aproximadamente, com o Douro Internacional, até à confluência com o rio Águeda. Neste percurso de declive elevado, o rio corre encaixado em vales de paredes íngremes e as suas características hidrológicas são distintas das anteriores devido à contribuição do Esla.[7]

Efectivamente, o caudal específico deste afluente é triplo do duriense, duplicando o seu caudal médio anual e incutindo-lhe alguma irregularidade mensal.

O troço final corresponde ao percurso do Douro em território português, recebendo afluentes numerosos ao longo das suas margens. Estes afluentes, ao contrário do rio principal, têm um forte declive, apresentando, por vezes, margens extensas, íngremes e pouco permeáveis. A precipitação mais elevada na região e a contribuição dos afluentes duplicam novamente o caudal médio anual do Douro.

Os caudais mensais máximo e mínimo deste rio, bem como dos seus afluentes portugueses, ocorrem nos meses de Março e Agosto, respectivamente (LNEC, 1994).

Obviamente que as características hidrológicas dos afluentes durienses, bem como o regime de precipitações,[8] condicionam o tipo, a duração e os efeitos das cheias desenvolvidas ao longo do rio, particularmente na sua foz. Assim sendo, não admirará que um rio de regime torrencial como o Douro (OLIVEIRA, 1973; CARRÍNGTON DA

[7] O Esla drena uma bacia com 16500 Km^2, situada na vertente sul dos Montes Cantábricos (SILVA, 1990; LNEC, 1994).

[8] ver Figura I.8.

COSTA, 1938), com afluentes na sua maior parte do mesmo tipo e de bacia hidrográfica tão extensa, apresente cheias volumosas e repentinas, por vezes devastadoras.

As fortes correntes descendentes, por não poderem ser facilmente controladas, foram já causadoras de naufrágios e graves acidentes, tendo implicado, igualmente, interrupções do movimento portuário e a sua deslocação, quando possível, para o porto artificial de Leixões.

I.5.2 - PRESENÇA DE BARRAGENS E SUA ACÇÃO NO REGIME HIDROLÓGICO

Ao longo do curso do Douro existem sessenta e quatro barragens, sendo quarenta e oito delas de grandes dimensões. A sua presença destina-se, basicamente, à produção de energia eléctrica e à utilização em sistemas de irrigação (Quadro I.1 e Figura I.9) sendo que, na sua grande maioria, não permitem controlar significativamente as cheias, na medida em que trabalham a "fio de água", usufruindo de capacidade limitada de armazenamento[9] (LNEC, 1994; M.A., 1996).

NOME DA BARRAGEM	CURSO DE ÁGUA	ANO DE CONCLUSÃO	ALTURA DA BARRAGEM (m)	DESENVOLVIMENTO DO COROAMENTO (m)	CAPACIDADE DA ALBUFEIRA		ÁREA DA ALBUFEIRA (ha)	FIM A QUE SE DESTINA
					Total (hm^3)	Útil (hm^3)		
Crestuma	Douro	1985	60	470	106,00	86,00	1070	Energia
Carrapatelo	Douro	1972	57	450	140,00	16,00	952	Energia
Régua	Douro	1973	41	310	91,00	13,00	820	Energia
Valeira	Douro	1976	48	380	97,00	12,00	1150	Energia
Pocinho	Douro	1983	49	430	81,00	12,00	------	Energia
Bemposta	Douro	1964	87	297	128,70	20,00	430	Energia
Picote	Douro	1958	100	139	62,70	13,00	210	Energia
Miranda	Douro	1960	80	263	27,80	6,40	121	Energia
Torrão	Tâmega	1988	69	218	124,00	77,00	651	Energia
Terragido	Corgo	----	15	----	----	----	----	Energia
Burga	Burga	1975	28	353	1,25	1,10	16	Rega
Alfândega da Fé	Alambique	1970	25	750	1,60	1,60	22	Rega
Azibo	Azibo	1982	56	551	54,50	----	410	Rega
Varosa	Varosa	1976	76	213	14,46	12,94	70	Energia
Vilar	Távora	1965	58	240	100,00	97,50	670	Energia
S.M. Aguiar	Seco	1981	20	667	5,95	----	110	Rega

Quadro 1 – Características das principais barragens portuguesas da bacia hidrográfica do rio Douro. (Adaptado de LNEC, 1994)

Das 64 barragens referidas, 46 armazenam um total de 7333 hm^3 de água no sector espanhol da bacia e as 18 restantes, em território português, têm uma capacidade de

[9] Existem, em Espanha, duas barragens que se destinam a controlar as cheias: Ricobayo, com capacidade de armazenamento de 1200 hm^3 e Almendra, com 2650 hm^3. As suas albufeiras destinam-se a controlar as cheias dos afluentes Esla e Tormes, respectivamente (LNEC, 1994).

armazenamento total de 832 hm^3 (LNEC, 1994). É em Espanha, então, que se encontram os aproveitamentos hidroeléctricos mais relevantes e, por conseguinte, as barragens deste país exercerão alguma influência nas cheias desenvolvidas no Douro português (LNEC, 1994).

A ocorrência destes fenómenos naturais nos últimos anos, alguns deles memoráveis, permite concluir que a presença de barragens não impede a formação de cheias nem os seus efeitos perniciosos.

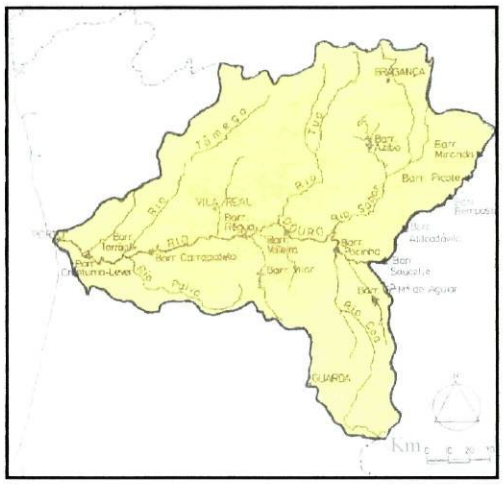


Figura I.9 – Localização das principais barragens no sector português da bacia hidrográfica do Douro (adaptado de LNEC, 1994)

Contudo, a implantação destas estruturas impõe modificações nas condições hidráulicas e hidrológicas de um rio, influenciando o regime dos caudais sólido e líquido por ele debitados (LNEC, 1994; GND, 1991). Efectivamente, estas estruturas aprisionam, nas suas albufeiras, parte da fracção sólida que naturalmente poderia atingir a foz do rio, alimentando-a.

É sabido, no entanto, que a presença de aluviões prejudica a produção de energia eléctrica, pelo que as barragens existentes no Douro estão preparadas para permitir a passagem dos sedimentos para jusante. Assim sendo, o volume represado poderá não ser tão elevado quanto à partida se possa pensar. A principal acção das barragens parece estar relacionada com o facto inquestionável de imporem uma diminuição da velocidade da corrente fluvial, reduzindo a sua capacidade efectiva de erodir e transportar material sólido (GND, 1991). Só em período de cheia esta situação parece ser compensada, até porque as barragens normalmente cessam a sua actividade.

Referimos, anteriormente, o carácter repentino das cheias durienses. Com a presença das diversas barragens, as cheias, no caso de precipitações prolongadas, inicialmente tornam-se morosas, enquanto as albufeiras estão a encher e, por isso, a água que atinge a foz é a que se avoluma no curso principal e nos afluentes situados para jusante da última represa. Logo que as barragens estejam saturadas, elas começam a debitar a água excedente, tornando a cheia súbita.

I.5.3 - A NAVEGABILIDADE DO DOURO E A PRESENÇA DE BARRAGENS

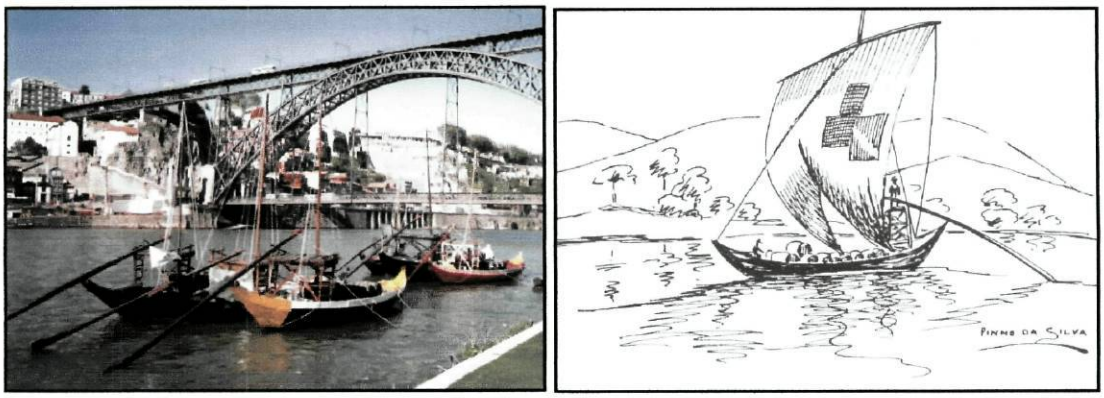


Figura I.10 – Fotografia e ilustração de barcos rabelos. «Em tempos que já lá vão há muito tempo, os barcos chamados "rabelos", de nobre e venerável ascendência fenícia, segundo parece provado e comprovado, desciam pachorrentamente as áureas águas do "rio de mau navegar", carregados de bela fruta, de excelentes hortaliças, de ricas cebolas, de óptimas batatas, de gordas galinhas e galos pimpões; regressavam aos pátrios lares com artigos de mercearia e outros, com que supriam as necessidades da aldeia. Sereias mercantis chamavam esses bravos homens do Douro, que se arriscavam rio abaixo, com a coragem de Ulisses, por entre perigosos arremedos de Sila e de Carribdes, até à cidade do Porto.» (in PINHO DA SILVA, 1984, p.45).

A funcionalidade do rio Douro enquanto verdadeira "estrada" para o interior, incentivou o povoamento das suas margens ao longo dos tempos históricos e determinou as áreas produtivas que encontraram, neste rio, condições favoráveis para o seu desenvolvimento (CARDOSO, 1998).

Em zonas distanciadas dos grandes centros urbanos e dos portos marítimos, o transporte fluvial permitiu rentabilizar as produções agrícolas, florestais e mineiras, constituindo um factor decisivo para o desenvolvimento daquelas populações.

Mas a navegabilidade do Douro na barra e para montante dela foi sempre considerada um desafio, já que o percurso fluvial não é fácil nem isento de perigos. Efectivamente, «O forte declive do rio, as curvas apertadas, as múltiplas irregularidades, os rápidos e os inúmeros "saltos" ou "pontos", tornaram a navegação numa trágica aventura».[10]

O sucesso da navegabilidade passou, obviamente, pelo desenvolvimento de técnicas de navegação e construção de embarcações (Figura I.10) capazes de percorrer os seus meandros (CARDOSO, 1998). O barco rabelo foi uma resposta ao desafio da navegação, sendo concebido com características adaptadas a este rio, nomeadamente as capazes de o

[10] Retirado do site do Instituto de Navegabilidade do Douro: (http://www.ind.pt/ViaNavegavel/Historia.asp)

fazer efectuar o transporte de pesadas pipas de vinho, pessoas e outras cargas.[11] Existem referências à sua existência em documentos do século X.[12]

Até 1784 o rio Douro só era navegável até às cachoeiras da Valeira, nas proximidades de Ferradosa e de S. João da Pesqueira. Aí terminavam as navegações e a subida migratória da maioria dos peixes[13] (RODRIGUES, 1972; SILVA, F.R., 2000).

Já em épocas anteriores,[14] o cachão da Valeira, um obstáculo rochoso natural, fora objecto de tentativas de destruição. No século XVI não faltou quem se apercebesse das potencialidades do Douro e tentasse romper o referido rochedo. Em 1510, por exemplo, Sua Majestade[15] ordenara uma vistoria «Sobre os canais que se mandam abrir no rio Douro para navegarem os barcos até Castela» (ap. RODRIGUES, 1972, p.4).

Só mais tarde, em 1785, no reinado de D. Maria I, a obra se realizou (Figura I.11) pela acção e investimento da Companhia Geral da Agricultura das Vinhas do Alto Douro (SILVA, F.R., 2000).

O primeiro barco passou em 1789, embora os trabalhos de melhoramento continuassem por vários anos. O perigo da travessia, contudo, nunca deixou de existir.

Figura I.11 – O cachão da Valeira. A abertura do canal do rio Douro através da destruição deste rochedo, em finais do século XVIII, significou um enorme passo para a navegabilidade do rio Douro (extraído de SILVA, F.R., 2000, p.277).

Embora se tenha verificado o desenvolvimento de outros meios de transporte, a via fluvial liderou as preferências durante muitos anos. Aquela situação de privilégio esbateu-se, no entanto, com o passar dos tempos, apesar de subsistir alguma actividade fluvial[16] (GONÇALVES, 1978).

---

[11] Os barcos rabelos eram dirigidos por um grande remo à popa (espadela), utilizando, para a sua propulsão, os remos, na descida, e uma grande vela, na subida. Num percurso ascendente e com ausência de vento, o barco era puxado "à sirga", ou seja, à mão com cordas desde as margens ou, então, com juntas de bois. Chegaram a percorrer o rio mais de 3000 rabelos como, por exemplo, no ano de 1910, segundo palavras de EZEQUIEL DE CAMPOS (1966), tarefa apenas possível com a coragem e obstinação das populações. No entanto, os acidentes eram muitos e, por precaução, as pipas não eram completamente cheias, para que pudessem flutuar (http://www.ind.pt/ViaNavegavel/Historia.asp).

[12] (http://www.ind.pt/ViaNavegavel/Historia.asp).

[13] Dessa dificuldade resultaram benefícios para os pescadores da região, já que lá chegavam sáveis, solhos, lampreias e outros peixes para a desova (RODRIGUES, 1972).

[14] Nomeadamente no tempo de D. Manuel I, de D. João III, de D. Pedro II e de D. João V (RODRIGUES, 1972).

[15] D. Manuel I, o "Venturoso", reinou de 1495 a 1521.

[16] Até 1887, ano em que a linha de caminho de ferro foi concluída, o percurso fluvial era a única via utilizada. Com o desenvolvimento das comunicações ferroviárias e rodoviárias, em 1961, por exemplo, já só circulavam seis rabelos (http://www.ind.pt/ViaNavegavel/Historia.asp).

Além das dificuldades do percurso fluvial e da concorrência de outros meios de transporte, outras causas foram responsáveis pelo declínio da navegação do rio Douro, como nos apercebemos pelas palavras de EZEQUIEL DE CAMPOS (1966, p.145): «O barco rabelo não foi derrotado pelo caminho de ferro; nem o porto de Leixões tapou a barra do rio Douro aos navios, mas sim o assoreamento...»

Além da periculosidade da barra e do seu assoreamento, também a implantação de diversas barragens teve, como primeira consequência, a impossibilidade de navegação contínua (GONÇALVES, 1978).

O aproveitamento hidroeléctrico do Douro nacional foi levado a cabo entre os anos 60 e 80 do século transacto (Quadro I.1), sendo incluída, em cada barragem, uma eclusa com dimensões que permitem a transposição daquela barreira por embarcações de grandes dimensões.[17]

Paralelamente à implementação de barragens, foram construídos alguns cais fluviais e desenvolvidos trabalhos de alargamento e aprofundamento do canal de navegação para jusante de cada aproveitamento hidroeléctrico.[18]

Regra geral, poderemos afirmar que as condições de navegabilidade melhoraram, nomeadamente pela criação de albufeiras, se exceptuarmos, obviamente, os períodos de cheias.

O rio Douro tornou-se navegável da sua foz até Espanha desde 1990, verificando-se um crescimento acentuado do tráfego fluvial (PEREIRA e BARROS, 2001).

Nos 210 Km de via fluvial entre o Porto e Barca d'Alva tem aumentado não só o número de embarcações de turismo e recreio, como também o de transporte de mercadorias, essencialmente granitos.

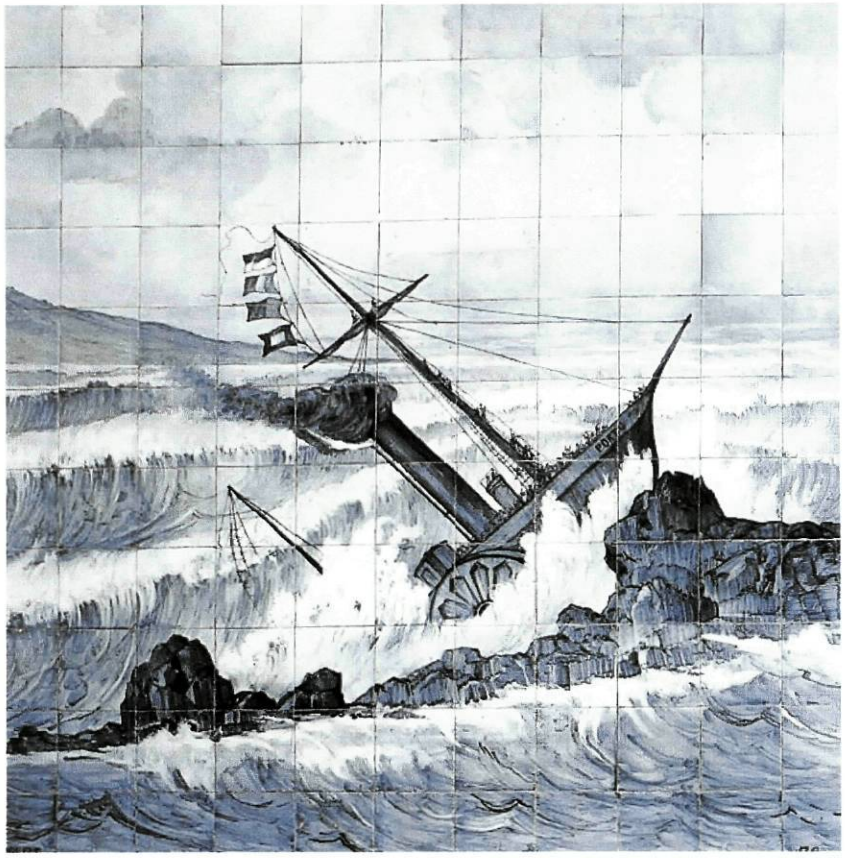
Segundo o Instituto de Navegabilidade do Douro, o transporte flúvio-marinho é mais económico e menos poluente. Não podemos negligenciar, no entanto, as consequências de uma catástrofe ambiental motivada por um acidente com um navio ao longo do curso do rio, situação verificada inúmeras vezes, infelizmente, na barra do Douro e na costa portuguesa.[19]

---

[17] Segundo o Instituto de Navegabilidade do Douro, até 83 metros de comprimento, 11,40 metros de boca, 3,8 metros de calado e uma capacidade de transporte até às 2500 toneladas (http://www.ind.pt/ViaNavegavel/Historia.asp).

[18] (http://www.ind.pt/ViaNavegavel/Historia.asp).

[19] Ver capítulo II.3.3.



Painel de azulejos representando o naufrágio do vapor «Porto», em 29 de Março de 1852, presente no quartel dos Bombeiros Voluntários Portuenses – Secção da Foz (in PEREIRA e BARROS, 2001).

II

AS CHEIAS DO RIO DOURO E OS PRINCIPAIS NAUFRÁGIOS NAS IMEDIAÇÕES DA BARRA

«Há manhãs à beira mar em que tudo parece um pouco de tinta muito leve e mais nada. Um pouco de tinta e frescura. A própria luz molhada, estremece.»

Raul Brandão, *Os Pescadores*

II - AS CHEIAS DO RIO DOURO E OS PRINCIPAIS NAUFRÁGIOS NAS IMEDIAÇÕES DA BARRA

II.1 - CONDIÇÕES PARA A FORMAÇÃO DE UMA ENCHENTE E SUAS CAUSAS

A bacia hidrográfica do rio Douro é a maior da Península Ibérica, mas a sua área, bem como a extensão do rio e o seu caudal, tornam-se modestos quando comparados com outros rios da Europa. Porém, no que respeita ao caudal em regime de cheia, poucos cursos fluviais conseguem atingir os valores debitados pelo rio Douro, com excepção dos grandes rios da estepe russa (SILVA, 1990) (Quadro II.1).

Rio	Local	Área Bacia Hidrográfica (Km^2)	Módulo (m^3/s)	Maiores Cheias Conhecidas		(3)/(1)	Mês com Escoamento na Média dos Anos		(5)/(6)
				Data	Caudal de Ponta (m^3/s)		Máximo	Mínimo	
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Esla	Bretó	14890	160	23-12-1909	5500	34	Março	Agosto	66
Sabor	Q.Laranj.	3464	33	2-1-1962	2760	84	Fevereiro	Setembro	126
Coa	Cidadelhe	1685	17.8	30-12-1961	830	47	Fevereiro	Setembro	194
Corgo	Ermida	291	8.3	20-12-1983	547	66	Fevereiro	Agosto	106
Paiva	Frg. Torre	660	21.7	15-11-1963	1144	52	Fevereiro	Agosto	42
Tâmega	P.Canav.	3143	70.6	1-4-1962	1961	28	Fevereiro	Agosto	40
Tejo	V.V.Rodão	59170	300	7-12-1876	12000	40	-		-
	foz	80900	-	-	-	-	-		-
Loire	Monjean	109000	810	1-12-1910	6500	8	-		-
	foz	109000	-	-	-	-	-		-
Ródano	Valence	65500	1400	31-5-1856	8500	6	-		-
	foz	98000	-	-	-	-	-		-
Garona	Agen	35000	440	24-6-1875	8000	19	-		-
	foz	56000	-	-	-	-	-		-
Danúbio	Stein-Krems	96000	1800	11-9-1899	11200	6	-		-
	foz	817000	6430	-	-	-	-		-
Inn-Dan.	Scharding	25660	760	10-7-1954	6300	8	-		-
Moldau	Praga	30000	195	29-3-1845	4500	23	-		-
Dnieper	Lockm.anskai-Kamenka	458620	1500	5-1931	25100	17	-		-
	foz	503000	-	-	-	-	-		-
Volga	Volgograd	1354270	8000	6-1929	48450	6	-		-
Reno	foz	224800	2500	-	-	-	-		-
Elba	foz	146500	654	-	-	-	-		-

Quadro II.1 – Caracterização dos regimes de diversos rios europeus (adaptado de SILVA, 1990).

Daniel Pinto da SILVA (1990) menciona que o Douro já terá escoado 20000 m^3/s na sua foz, nomeadamente na grande cheia de 1739. Outros autores referem a possibilidade de

esse escoamento ter atingido os 30000 m^3/s, como CARRÍNGTON DA COSTA (1938) e LOUREIRO (1903), por exemplo.

Para a formação de uma cheia no rio Douro têm que ser reunidas determinadas condições, nomeadamente as respeitantes às perturbações meteorológicas. Estas deverão ser acompanhadas por precipitações intensas, de maior ou menor duração, em superfícies frontais que normalmente se deslocam da parte jusante para a parte montante da bacia (LNEC, 1994; SILVA, 1990).[20] Assim sendo, será a pequena parcela da bacia hidrográfica do Douro correspondente ao sector português, a que mais contribui para a formação de cheias.

As próprias características da bacia duriense em território nacional condicionam o tipo e a dimensão das enchentes. De facto, as margens íngremes e os vales encaixados, bem como a forma da bacia (pouco alongada relativamente à de cada um dos seus afluentes), a sua constituição geológica, ou ainda a presença de reduzida cobertura vegetal, conduzem à forte aceleração do curso fluvial, responsável pela elevada razão entre os caudais de cheia e os caudais médios anuais do rio Douro (Quadro II.1).

A distribuição dos afluentes no sector português da bacia hidrográfica do Douro (Figura I.6) revela-nos um posicionamento aproximadamente paralelo entre si, existindo um elevado rácio entre o seu grande comprimento e o espaçamento entre as suas zonas de inserção no curso principal. Estes cursos fluviais percorrem leitos encaixados e com declives acentuados, o que contribui para a formação de cheias intensas.

A passagem das superfícies frontais origina precipitações que se vão atenuando da costa para o interior, pelo que os afluentes mais próximos da foz do Douro sofrem primeiramente um incremento de caudal. Por conseguinte, nos afluentes durienses a formação de enchentes será mais rápida, não sendo difícil de prever que as suas cheias, nomeadamente as dos cursos fluviais mais próximos das zonas costeiras, cheguem ao Douro antes da cheia do curso principal. Felizmente, esta é a situação normal, mesmo nas maiores cheias conhecidas já que, se houvesse uma sobreposição total de todas as cheias, as enchentes do Douro seriam ainda mais devastadoras (SILVA, 1990).

Neste âmbito, serão as possíveis sobreposições de pontas de cheias desenvolvidas nos diferentes cursos que drenam para o Douro, às quais se podem juntar prováveis agravamentos das condições atmosféricas, os responsáveis pelo desenvolvimento de cheias

---

[20] Verifica-se que, normalmente, as perturbações meteorológicas que dão origem a cheias deslocam-se ou de ocidente para oriente ou de Sudoeste para Nordeste (SILVA, 1990).

com caudais crescentes para jusante, até à foz do rio. Aqui, os níveis de caudais de cheias sofrem a influência do oceano, pelo que dependem, igualmente, das marés e da pressão atmosférica (LNEC, 1994).

Por tudo isto, a região da barra do Douro torna-se uma zona vulnerável quando afectada pelas enchentes, tendo sido registados, ao longo dos tempos históricos, elevados estragos e prejuízos em ambas as margens do rio.

II.2 - MEDIDAS ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS DE DEFESA CONTRA AS CHEIAS

Em Portugal, o reconhecimento das consequências das cheias surge em legislação vária, alguma muito antiga.

A importância das cheias é também reconhecida pela União Europeia que, no documento *Ambiente na Europa, Avaliação Dobris*, (STANNERS e BOURDEAU, 1995), capítulo 18, apresenta, numa das suas conclusões, as seguintes palavras: «Os riscos naturais ganharam uma importância crescente nas urbanizações, provavelmente porque o seu número também cresceu e porque a vulnerabilidade aumentou de um modo incontrolado nas zonas de risco». Uma proposta de solução é igualmente indicada neste documento: «Uma boa gestão do território e o planeamento das emergências são as duas acções para reduzir os impactos dos riscos naturais e das suas interacções com as actividades humanas».

As cheias são a principal causa das inundações. Embora estas sejam consideradas como um acontecimento natural que faz parte da história geológica (JOHNSTON, 1992), a sua caracterização deverá ter em conta os parâmetros físicos do ambiente e do meio aquático, as características das planícies de inundação e dos *habitats* associados, bem como as condições sócio-económicas das populações que ocupam as planícies inundáveis (ROCHA, 1996).

Até não há muito tempo, toda a intervenção na Natureza com o objectivo de melhorar o conforto humano era considerada válida. Mas o acréscimo de consciência sobre a importância do ambiente revelou outros valores, tais como os ecológicos e os biológicos, questionando aquele tipo de actuação.

Assim, a recolha de dados e o estudo das cheias e das inundações assumem um carácter multi e interdisciplinar. Segundo ROCHA et al. (1994), todos os pontos de vista

(técnicos, administrativo, social, económico e legal) deverão ser inseridos numa rede lógica, podendo recorrer-se, para tal, aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG's).

No sentido de uma protecção efectiva contra as cheias, as actuações sobre as zonas inundáveis baseiam-se em **medidas estruturais** e **medidas não estruturais** (LNEC, 1994).

II.2.1 - MEDIDAS ESTRUTURAIS

As medidas estruturais visam controlar as cheias e reduzir a extensão das áreas inundáveis (LNEC, 1994).

A construção de barragens e a criação de albufeiras, a edificação de diques e estruturas de contenção de enchentes, a modificação dos leitos fluviais e o desvio dos caudais de cheia, são medidas estruturais que podem modificar o volume da enchente, o nível máximo atingido por ela, o tempo de subida e a sua duração total, bem como a extensão da zona inundada. Por consequência, estas alterações influenciam, porventura, os volumes de detritos, os sedimentos e mesmo os poluentes transportados pelo curso fluvial durante as cheias.

II.2.2 - MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

Apesar do implemento de medidas estruturais, a ocorrência de cheias continua a provocar grandes danos, com consequências gravosas para as comunidades biológicas das zonas por elas afectadas.

As medidas não estruturais de defesa contra as cheias assumem um carácter essencialmente preventivo, visando um ordenamento racional das zonas inundáveis e compreendendo acções de emergência e de aviso da ocorrência de cheias (LNEC, 1994).

As principais instituições que se ocupam dos problemas das cheias e suas inundações são, basicamente, as responsáveis pela gestão dos recursos hídricos. São elas o Instituto Nacional da Água (INAG) e as Direcções Regionais do Ambiente (DRA's). Outra importante instituição é o Serviço Nacional de Protecção Civil, com um centro nacional e órgãos distritais e municipais. Também as Câmaras Municipais são responsáveis pela elaboração dos Planos de Desenvolvimento Municipal (PDM) autorizando, ou não, o licenciamento para implantação de estruturas em zonas inundáveis.

Outras entidades podem ter influência nos problemas das inundações, nomeadamente entidades agrícolas, florestais, de abastecimento de água, de produção energética, entre outras.

É importante a elaboração de mapas em várias escalas (nacional, regional e local), evidenciando as zonas inundáveis. Mas ela implica a difícil interligação, já referida, entre várias instituições e áreas de conhecimento, tais como a hidrologia, a hidráulica, a engenharia civil, o planeamento, a geologia, a pedologia, etc..

II.3 - CHEIAS EXTRAORDINÁRIAS QUE MARCARAM A HISTÓRIA DA FOZ DO DOURO

As catástrofes naturais são uma das provas mais evidentes da incapacidade humana face às forças da Natureza.

O Homem, habituado a dominar e a exercer fortes pressões no ambiente que o rodeia, procurou registar, desde longa data, imagens e descrições dos efeitos nefastos daquelas tragédias. Primordialmente recorreu à escrita, posteriormente à gravura e à pintura e, mais recentemente, à fotografia e à filmagem.

O rio Douro e a sua barra são uma fonte dessas imagens por constituírem um cenário para vastos episódios de cheias, de encalhes e de naufrágios. Cada cheia de grandes dimensões, porque mais recente, parece suplantar os efeitos das anteriores, ou levar mesmo ao seu esquecimento. E o povo ribeirinho conta, cantando, as desgraças das cheias do Douro:

«Há muito perdi a conta
Quantas vezes houve cheia
Mas há quem diga que monta
Em sete dúzias e meia»

(in MAIA, *Onde o Mar Acaba e a Foz do Douro Começa*, 2000, p.210)

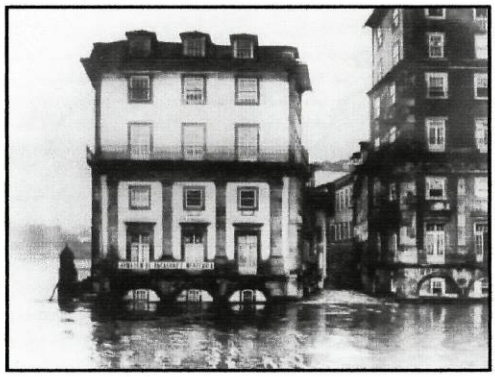


Figura II.1– Cheia de 1909. Fotografia de Alvão (in BRITO, 2001).

A existência de cheias frequentes, de um forte caudal, de um elevado número de rochedos emersos e submersos, e de uma zona de confluência entre correntes fluviais e oceânicas, bem como a presença de um forte regime de ondulação, de profundidades variáveis, de ventos fortes e inconstantes, ou ainda o Cabedelo, variando frequentemente a sua largura, curvatura e alongamento tornaram, ao longo dos tempos, a barra do Douro perigosa e trágica para as numerosas embarcações que nela acostaram. Alguns destes

episódios, pelas suas consequências trágicas, ficaram na memória e na história, sendo dignos de referência.

II.3.1 – TIPOS DE CHEIAS NO RIO DOURO

São imensos os registos e as descrições de cheias do rio Douro, nomeadamente dos seus efeitos nas regiões do Porto e de Vila Nova de Gaia e, particularmente, na sua barra.

No entanto, são incontáveis as cheias ocorridas. Muitas houve de pequena ou média grandeza que, não obstante terem causado estragos, entraves na indústria e no comércio e, portanto, avultados prejuízos, não atingiram uma intensidade capaz de destruir e arrastar embarcações de grande calado para fora da barra. Só cheias de grande capacidade conseguiram fazê-lo.

Tendo em conta os níveis dos caudais do rio Douro atingidos em regime de enchente, podemos classificar as cheias ocorridas em dois tipos principais: as ditas ordinárias ou normais e as extraordinárias ou grandes cheias.

As cheias extraordinárias são as que ultrapassam a cota dos 6,00 metros relativamente ao zero hidrográfico (+6,00 m Z.H.), medidos na margem direita, na zona da ponte de D. Luís. Este valor é, segundo OLIVEIRA (1973), o limite entre cheias ordinárias e extraordinárias.

Concretamente, uma cheia extraordinária será aquela que inunda o cais da Ribeira, já que este se encontra a uma cota de +5,90 m Z.H. (valor normalmente arredondado para 6,00 m Z.H.). O mesmo autor faz referência às principais cheias extraordinárias ocorridas entre 1739 e 1969, como se pode visualizar no gráfico da figura seguinte:

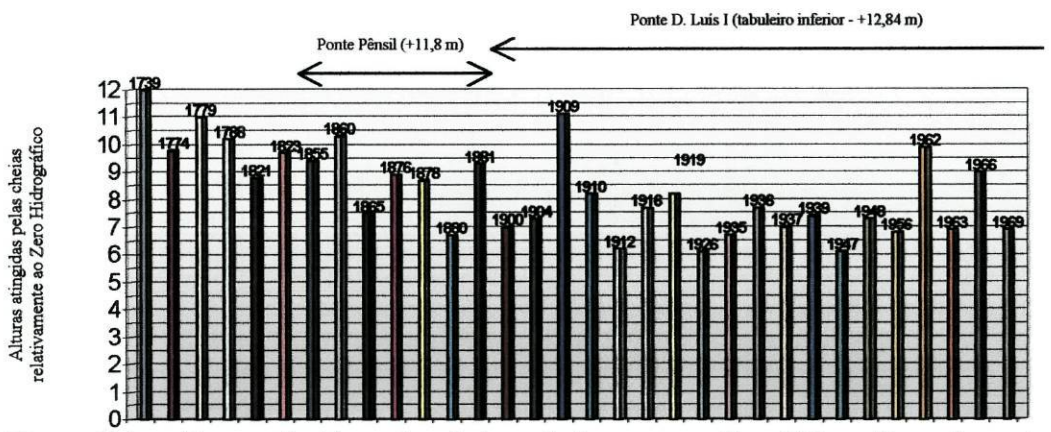


Figura II.2 – Alturas atingidas pelas cheias, relativamente ao Zero Hidrográfico e às pontes Pênsil (existente entre 1843 e 1886) e D. Luís I (a partir de 1886). (Dados adaptados de OLIVEIRA, 1973).

Dado o seu carácter torrencial, as grandes cheias constituem fontes de assoreamento da foz e da barra do Douro. Serão as cheias menores, normais, transportando uma menor quantidade de carga sólida que, com a força do seu escoamento, podem ser suficientes para arrastar, para o largo, o material retido pela acção marinha. Esta acção é reforçada quando a maré vazante se conjuga com a corrente fluvial, como já foi referido anteriormente, constituindo um mecanismo natural de dragagem da barra do Douro (OLIVEIRA, 1973).

Assim, apesar do seu lado negativo, as cheias permitem o desassoreamento natural da barra, problema com que o Homem se depara desde longa data, na tentativa de evitar naufrágios e perda de vidas humanas (APDL, 1991).

II.3.2 – MEMORIAL DAS CHEIAS

O rio Douro, que no seu estado normal segue um curso plácido e vagaroso pode, durante o Inverno, exceder mais ou menos os limites ordinários do seu leito.

Efectivamente, a sazonalidade das cheias em Portugal, particularmente neste rio, é acentuada, verificando-se a ocorrência de apenas 11% de enchentes no semestre seco e cerca de 70% das inundações nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro (ROCHA, 1993).

Em algumas dessas ocasiões ele engrossou de tal modo as suas águas, alargando-se tão desmesuradamente e causando prejuízos tão elevados, que as cheias formadas se tornaram memoráveis. Existem notícias destas extraordinárias inundações desde os princípios do **século XVI.**

A primeira cheia extraordinária registada parece ter sido a de 1526 (REBELO DA COSTA, 1789; AZEVEDO, 1881; LOUREIRO, 1903; BESSA, 1910; CARRÍNGTON DA COSTA, 1938; TATO, 1966; MAIA, 2000), assim descrita pelo Reverendo António Coelho de Freitas, Reitor da freguesia de Matosinhos, no ano de 1799: «As continuas e excessivas chuvas do ano de 1526 causavam a tudo imenso prejuízo»; «(...) os habitantes do Porto, no meio de muitos que sofriam por causa das enchentes do rio Douro, recorreram submissos à Misericórdia Divina» (ap. AZEVEDO, 1881, p. 113).

Muitas outras tragédias foram descritas posteriormente, como é o caso das cheias de 1585 e de 1596 que, segundo o mesmo narrador, atingiram as mesmas dimensões daquela ocorrida em 1526.

No **século XVII** ficou para a história a enchente de 1625, «(...) com grande crescimento das águas no rio Douro» (in AZEVEDO, 1881, p.113).

Também no **século XVIII** são vários os registos de tragédias relacionadas com cheias. Esta terá sido mais uma das razões que ditaram, a partir desta época, a necessidade de implantação de obras na foz do Douro para facilitar o acesso em segurança à sua barra.[21]

Ao longo dos tempos e com grande expansão a partir do século XVIII, o rio Douro trouxe à região e levou dela riquezas do exterior e do interior. Mas ele foi também palco de desgraças e acidentes, pois galgou-lhe os cais e destruiu-lhe os muros quando se elevou com as enchentes.

Neste período são muitas as inundações dignas de registo, pelo que organizámos o **Quadro 1.A**,[22] onde tentámos reunir algumas informações consideradas relevantes no que concerne à história das cheias ocorridas neste século.

Também a foz do rio Douro do **século XIX** foi palco de cheias assinaláveis. Nesta época, o nível atingido pelas águas do rio passou a marcar-se no muro dos "Arcos da Ribeira" (CARRÍNGTON DA COSTA, 1938). O **Quadro 1.B** [23] reúne o registo das principais cheias extraordinárias ocorridas durante este século, bem como uma síntese descritiva da maioria delas, dado o seu carácter marcante para a história da foz do Douro e da sua barra.

Entre as cheias do rio Douro desenvolvidas durante o **século XX**, encontram-se algumas das mais importantes de que há memória, nomeadamente as de 1909 e de 1962.

Convém lembrar que foi durante o século XX – entre os anos 50 e meados da década de 80 – que o curso do Douro foi pejado de barragens de grande envergadura, responsáveis por alterações no regime hidrológico do rio.[24]

Recorrendo a fontes diversas, elaborámos o **Quadro 1.C**,[25] tentando reunir o máximo de dados sobre cada uma das catástrofes naturais.

---

[21] Ver capítulo IV.
[22] Consulte-se o **APÊNDICE 1**.
[23] Cf. nota 22.
[24] Ver capítulo I.5.2.
[25] Cf. nota 22.

II.3.3. NAUFRÁGIOS E ENCALHES NAS IMEDIAÇÕES DA BARRA DO DOURO

Figura II.3 - Naufrágio do vapor «Porto», em 29 de Março de 1852. In Jornal PÚBLICO, 31 de Março de 2002, numa crónica de José Manuel Lopes Cordeiro «O Naufrágio do Vapor "Porto"».

Os numerosos naufrágios e encalhes ocorridos ao longo da faixa costeira compreendida entre as embocaduras dos rios Douro e Ave, nomeadamente durante a noite em épocas em que os pontos luminosos eram escassos, levaram os mareantes estrangeiros a cognominarem-na, no passado, de *Costa Negra* ou *Costa Muda* (MARÇAL, 1974). Como refere CLÁUDIO (2001, p.47) «Dos cascos espatifados pelas areias do Cabedelo, pelas correntes que aí se declaram com perfídia singular, pelos cachopos que possuem nomes vareiros e pitorescos, [...], haveria de se coroar esta costa».

E é, sem dúvida, impressionante o funesto rol de acidentes registados.

A partir da bibliografia consultada foi-nos possível elaborar o Quadro presente no **APÊNDICE 2**, no qual constam os principais naufrágios e encalhes registados nas imediações da barra do Douro, desde inícios do século XVIII até aos finais do século XX. Nos últimos anos, o desvio crescente do tráfego marítimo para o porto artificial de Leixões, mais seguro, reduziu o número de acidentes nesta conturbada região. Demos maior relevo aos encalhes provocados pela "barreira" arenosa do Cabedelo, dado o seu interesse no âmbito desta dissertação.

Saí só para dar um passeio a pé e acabei por resolver estar fora até ao pôr do sol, porque sair, vim a descobrir, era de facto entrar.

John Muir (1838-1914)

III

TESTEMUNHOS DESCRITIVOS E PATRIMONIAIS DA REGIÃO DA FOZ DO RIO DOURO

«Três horas da tarde. Céu limpo, mar manso, e sobre o mar uma chapada de prata, sobre o verde, mil escamas a cintilar, que brilham, luzem e tornam a reluzir. O sol desce pouco e pouco, majestoso e sereno, no céu todo doirado e a luz forma uma estrada que liga o areal ao infinito, uma estrada larga, de oiro vivo, que começa a meus pés, na espuma ensanguentada, e chega ao sol.»

Raul Brandão, *Os Pescadores*

III - TESTEMUNHOS DESCRITIVOS E PATRIMONIAIS DA REGIÃO DA FOZ DO RIO DOURO

III.1 - OCUPAÇÃO HUMANA DA REGIÃO DA FOZ DO RIO DOURO: sua evolução

Conhecendo a região da foz do rio Douro, torna-se difícil, indubitavelmente, imaginá-la num passado remoto. Poderemos ser levados a pensar que a zona onde o rio Douro desagua não terá sido mais do que uma faixa rochosa, marginando o rio e o mar, assolada por nortadas e fustigada por vagas alterosas. Contudo, os registos de ocupação humana nesta zona, de acordo com diversos testemunhos arqueológicos, são vastos e remontam a épocas muito recuadas (CRUZ, 1984*a*). Por exemplo, a «existência de vestígios pré-históricos atribuíveis ao Homem Paleolítico, foi há muito assinalada na área da cidade e da região do Porto» (in SILVA, A.C., 2000, p.56).

Diversos vestígios parecem estar associados ao Paleolítico Inferior, permitindo considerá-los como sendo um «dos mais antigos testemunhos da presença do Homem no território nacional e concretamente na região do Porto» (in SILVA, A.C., 2000, p.56).

Outros achados, associados a unidades geomorfológicas mais recentes, integram-se em níveis de ocupação pós-Paleolítica, nomeadamente correspondentes ao período Neolítico e inícios da Idade dos Metais, bem como de épocas proto-históricas e mesmo históricas, como refere o mesmo autor.

São imensos os testemunhos da ocupação humana na região da foz do Douro como, por exemplo, o do «Padre Mestre Frei Juan de Pineda, no seu manuscrito "Monarchia Ecclisiastica", capítulo 12 do livro 27» (in MAIA, 2000, p.13), quando refere que nos

> Anos do Mundo de 2453 antes da vinda de Cristo senhor Nosso 1503 anos [*sic*], Ylanado Gatel, filho de Cecrope, Rei de Atenas [...] quis adquirir maiores reinos e glória. [...] Partiu do Nilo, navegando pelo mar mediterrânico, tendo sempre à sua esquerda a costa de África até passar o estreito, [...], seguindo depois com a costa ao lado da sua mão direita. [...] Deparou com um rio de grande caudal e forte corrente, na parte ocidental do Poente. Aí desembarcou. Mais tarde, meia légua[26] acima da entrada desse rio, fundou um povoado, do lado setentrional. (in MAIA, 2000, pp.13-14).

[26] A *légua* é uma medida itinerária, variável segundo as épocas, as regiões e os países. Em Portugal, corresponde, aproximadamente, a 5 Km (Dicionário Enciclopédico da Língua Portuguesa, 1992).

Este rio é hoje conhecido por Rio Douro e, se o relato de Frei Juan de Pineda é verdadeiro, a foz do Douro terá sido, pelo menos durante algum tempo, habitada por Gregos e Egípcios (MAIA, 2000; ABRANTES, 1965). Além destes, dos Iberos e dos Celtas, também os Fenícios e os Cartagineses se terão estabelecido na Península Ibérica, antes do domínio dos Romanos (ABRANTES, 1965).

Outros estudos indicam que, após as guerras cântabras (29-19 a.C.), a região foi alvo de profundas transformações políticas e sócio-económicas, de acordo com o modelo da civilização romana (SILVA, A.C., 2000). A exploração dos recursos naturais conduziu a um aproveitamento eficiente das potencialidades económicas do território, nomeadamente a mineração, a agricultura e os recursos marinhos. Desenvolve-se então a Calécia (*Callaecia*) que Sérvio, gramático do século IV d.C., abrevia para *Cale*[27] (SILVA, A.C., 2000).

A presença de um rio numa dada região constitui um pólo de atracção para a fixação de populações, na medida em que consiste numa fonte valorosa de água e alimentos, facilitando, igualmente, a comunicação e os transportes. Assim aconteceu na foz do rio Douro que, além de oferecer um abrigo como ancoradouro, franqueava a penetração em Cale, no seu porto – em *Portucale*[28] (MAIA, 2000; SILVA, A.C., 2000; ABRANTES, 1965; VITORINO, 1938; MENDES CORREIA, 1934; CRUZ, 1984*b*).

Também Sebastião de Oliveira MAIA (2000, p.15), remetendo-se à fixação das aglomerações humanas, refere que já na «Era de Cristo, no ano 559, o Monge Hauberto Hespalense fala, nas suas crónicas, da construção de um mosteiro, junto do mar, na foz do rio Douro, e da criação de um povoado». A região da foz, zona de contacto entre o Oceano Atlântico e o rio Douro, assume, assim, desde longa data, relevância na prosperidade das populações que a ocupam.

Nos inícios do século V, com as invasões dos povos germânicos, registaram-se alterações radicais na situação política da região.

Portucale resistiu ao longo dos séculos seguintes e o "território portucalense", condado já no nono século, passou a constituir o reino *Portugale* pelas mãos de D. Afonso Henriques. No entanto, até à implementação da Monarquia Portuguesa, em 1139,

---

[27] A palavra *Cale* é de origem celtibera (ABRANTES, 1965; MENDES CORREIA, 1934), querendo significar «simples lugar de passagem» (in ABRANTES, 1965, p5).

[28] A civitas de *Cale* e o seu porto, *portus*, poderão justificar a primeira referência a *Portucale*, datada do terceiro quartel do século V d.C. (SILVA, A.C.; 2000).

Portucale esteve sob o domínio dos reinos Suevo e Visigótico, da Monarquia Asturiano-Leonesa e das dinastias Asturiana, Leonesa e Navarra (SILVA, A.C., 2000).

Sendo a região da foz do rio Douro e a sua barra objectos do nosso estudo, é importante referir que a sua evolução, enquanto área povoada, aparece igualmente assinalada nos princípios ou meados do século XII[29] (MAIA, 2000; BARROCA, 2001; FERNANDES, 1989). Uma pequena comunidade piscatória é mencionada nos documentos medievais, em 1145 (FERNANDES, 1989), quando D. Afonso Henriques doa uma «hereditate mea propria quam habeo in heremita de Sancto Iohanne de Foze de Dorio [*sic*]» (in. BARROCA, 2001).

As Inquirições de 1258[30] revelam que, nessa época, a população residente na foz do Douro não excederia muito a centena de habitantes (BARROCA, 2001). O mesmo autor refere que no Numeramento de 1527, o couto de S. João da Foz do Douro, distando uma légua da cidade do Porto, contava apenas com 286 habitantes. Esta comunidade, pobre e isolada do burgo, dedicava-se quase exclusivamente à actividade piscatória, complementada com agricultura e pastorícia incipientes (FERNANDES, 1989).

A Foz foi-se desenvolvendo e ampliando a sua dimensão ao longo dos séculos XIV e XV. Foi por esta altura que D. Miguel da Silva[31] se fixou na Fortaleza de S. João da Foz, datada do século XII (MAIA, 2000; BARROCA, 2001; COUTINHO, 1975). Desde essa época, a região da foz do rio Douro foi sucessivamente invadida pelas populações humanas que ocuparam as suas margens.

«Em 1527, o numeramento ordenado por D. João III revela a existência de 286 fogos em S. João da Foz» (in FERNANDES, 1989, p.21), salientando a importância desta zona, dado o elevado número de habitações relativamente às localidades vizinhas. Já no início do século XVII, em 1623, refere o mesmo autor, moravam no lugar ribeirinho da foz do Douro 1571 pessoas.

Na *Lista Geral de Fogos e Almas de todo o Reino*, publicada por D. Luís Caetano de Lima, em 1732, regista-se o aumento da população em S. João da Foz, na ordem dos 15% face a 1623 (FERNANDES, 1989) e, nos finais do século XVIII, o Padre REBELO DA COSTA (1789) conta 3312 habitantes distribuídos por 736 fogos.

---

[29] António CRUZ (1984*b*) refere diversos documentos que testemunham as origens do couto da Foz.

[30] As Inquirições de 1258 foram mandadas realizar por D. Afonso III (FERNANDES, 1989; CRUZ, 1984*b*).

[31] A ele dedicaremos um capítulo desta dissertação (ver capítulo III.3.2) onde abordaremos, com maior pormenor, a sua vida e também a sua obra, que tanto influenciaram o futuro e a prosperidade da região da barra do Douro, a partir do século XVI.

É no século XIX que o turismo balnear vem complementar, durante o estio, a vocação piscatória da região, tornando-a apetecível para veraneantes nacionais e estrangeiros (FERNANDES, 1989; OLIVEIRA, 1989). Neste período registou-se um crescimento das edificações habitacionais para norte, para o interior e ao longo do rio (na direcção de Cantareira para Sobreiras).

De finais do século XIX até meados do século XX, a ocupação crescente do litoral português pode considerar-se de carácter terapêutico (DIAS et al., 2002). Nessa época, as praias da foz do Douro eram afamadas pelos bons ares e pelas suas águas fortemente iodadas, sendo mesmo prescritas medicinalmente (FERNANDES, 1989).

Desde finais do século XVIII e ao longo do século XIX, a barra do Douro foi palco de intenso movimento de navios. Estes acostavam nos diversos cais presentes, tendo sido criadas e melhoradas as estruturas de apoio à segurança da navegação, protecção de mercadorias e de construção e reparação navais.

A edificação de postos de sinalização e de socorros a náufragos, de casas fiscais e armazéns, bem como a construção do edifício da Alfândega do Porto,[32] no século XIX, reflectem a importância do movimento marítimo-fluvial de então (APDL, 1991). Nesta época, a industrialização atingia também o nosso país, não sendo de estranhar que, dadas as condições favoráveis, a orla ribeirinha da região da foz do rio Douro fosse local de implementação de instalações fabris.[33] A consequente criação de postos de trabalho atraiu ainda mais as populações para a zona da foz do rio Douro. Também a constante evolução dos transportes facilitou a fixação das populações nas proximidades dos acessos (ferroviários e, mais tarde, rodoviários), incentivando, por seu turno, a criação de áreas industriais (DIAS et al., 2002).

Na foz do Douro, também a evolução dos transportes[34] e a industrialização permitiram a fixação, ao longo do século XX, de um número crescente de agregados familiares, como se pode deduzir pela análise do Quadro III.1.

---

[32] A Alfândega do Porto, edifício com uma área total de 36800 m^2, tem características neoclássicas. Foi projectada em 1860 pelo arquitecto francês C.F. Colson e alvo de remodelação recente pelo arquitecto Eduardo Souto Moura (http://porto2001.iscap.ipp.pt/prt2001_monumentos/index.html).

[33] É o caso, por exemplo, das indústrias «Fábrica de Chumbo de Caça», «Fábrica Mecânica das Rolhas», «Fundição W. Hawke», «Sociedade de Inportação», «Frigorífico do Peixe», «Central Termoeléctrica de Massarelos», «Fundição de Massarelos», «Companhia do Gás», «Fundição do Ouro», entre outras fábricas ligadas, essencialmente, à cortiça, aos desperdícios, ao álcool, ao arroz, à cerâmica e às conservas (APDL, 1991).

[34] A evolução dos meios de transporte é um factor primordial para o acesso à foz, já que a viagem entre o centro da cidade e as praias da foz poderia levar várias horas, quando realizada em meios de transporte mais antigos, como o carro de bois (ORTIGÃO, 1876).

Obviamente que esta evolução teve, como consequência, acentuados danos ambientais, registados ao longo de toda a faixa costeira, traduzidos na destruição dos ambientes dunares e por diversos tipos de poluição: sonora, visual, atmosférica, fluvial e marinha, entre outras (DIAS et al., 2002).

	1878	1890	1900	1911	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1981
A	3777	5090	5575	6998	7751	8088	8491	9890	10891	10316	13266
B	110707	146454	165129	191890	202316	229794	258548	281406	303424	316437	327368

QUADRO III.1 - Evolução da população entre 1878 e 1981 (número de habitantes) na freguesia da Foz do Douro (A) e no Concelho do Porto (B) (adaptado de FERNANDES, 1989).

O Quadro seguinte mostra os dados mais recentes relativos à população residente na zona da foz do Douro, nas freguesias correspondentes às suas margens direita e esquerda.

Data / Freguesia	1991	2001
	Dados Definitivos	Dados Preliminares
Foz do Douro – Porto	12231	12167
S. Pedro da Afurada[35] – Vila Nova de Gaia	3616	3409

QUADRO III.2 – População residente nas freguesias da foz do Douro e de S. Pedro da Afurada. Fonte: *Censos 2001*. XIV Recenseamento Geral da População. IV Recenseamento Geral da Habitação. Resultados Preliminares da Região Norte. Instituto Nacional de Estatística.

Para além do gosto natural por residir nesta zona, a região envolvente da foz do rio Douro continua a ser procurada pelos portuenses nos seus tempos de lazer, desfrutando de uma paisagem agradável e acolhedora.

A presença de algumas embarcações de pesca a montante da Ermida do Anjo, no estuário do rio, prolonga o testemunho da relação deste povoado com o Douro e o Atlântico.

III.2 - A BARRA DO DOURO NO SÉCULO XVIII – OS PERIGOS NA SUA TRANSPOSIÇÃO

A descrição pormenorizada da barra do rio Douro assumiu particular importância em épocas em que o cais da Ribeira era o único porto da região. Os perigos da sua travessia[36]

[35] A Afurada (vizinha sul da Barra) está presentemente separada da freguesia de Santa Marinha, civil e religiosamente, constituindo uma freguesia autónoma desde 1952 (COSTA, 1983).

exigiam, consequentemente, um profundo conhecimento das rotas que ofereciam maior segurança ao sucesso de tais transposições, as mais das vezes impostas pela necessidade de êxito nas relações comerciais de então.

É no início do século XVIII que Manuel de Pimentel,[37] na sua obra *Arte de Navegar* descreve, no capítulo *Roteiro da Costa de Espanha desde S. João da Luz até ao Cabo de Finisterra, e dahi até Cadiz*, os mais importantes ancoradouros portugueses e entre eles o da Barra do Porto. São dele as seguintes palavras: «Na Barra do Porto não se entra senão com um quarto de água cheia [*sic*] sendo pataxo, e sendo navio grande com três quartos de água cheia [*sic*], e isto no Verão, porque no Inverno é muito perigosa, e dificultosa a entrada» (ap. GONÇALVES, 1949, p.10).

Uma descrição mais minuciosa da foz do rio Douro está presente no volume do padre Agostinho Rebelo da Costa,[38] resultante de uma análise detalhada feita na foz do Douro, já nos finais do século XVIII.

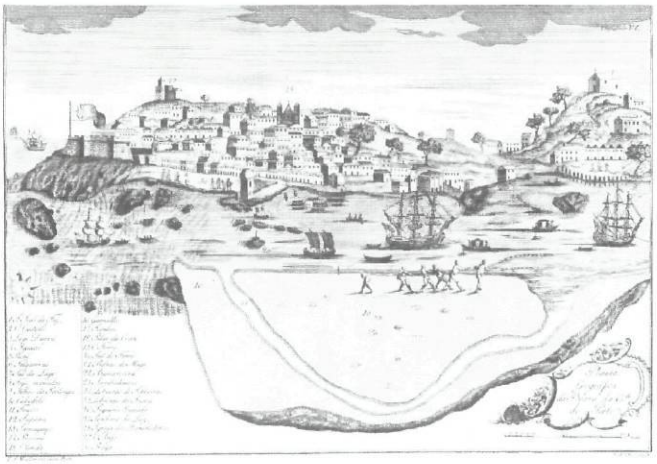


Figura III.1- «Planta Geográfica da Barra da Cidade do Porto». (REBELO DA COSTA, 1789). O desenho é da autoria de Teodoro de Sousa Maldonado[39] e a gravura de Manuel da Silva Godinho.[40]

[36] Refira-se aqui, novamente, o papel das construções de D. Miguel da Silva, na barra do Douro do século XVI, no sentido de melhorar a segurança da navegação e consulte-se o capítulo III.3.2, dedicado a esta personalidade e aos seus feitos na barra do Douro.

[37] Manuel de Pimentel e Vilalobos nasceu em Lisboa, no dia de 10 de Março de 1650 e faleceu na mesma cidade, em 1719. Sucedeu a seu pai, Luís Serrão Pimentel, no cargo de cosmógrafo-mor do Reino (ARMANDO CORTESÃO, na sua introdução ao livro *Arte de Navegar* de ALBUQUERQUE, 1969). Manuel de Pimentel, formado em Direito pela Universidade de Coimbra, fidalgo da Casa de Sua Majestade, alcançou com *Arte de Navegar* um êxito retumbante e mundial (GONÇALVES, 1949). Esta obra viria a ser publicada em 1712.

[38] pp. 193-196.

[39] Teodoro de Sousa Maldonado (1759-1798) executou numerosas plantas da cidade do Porto, cuja listagem aparece no Boletim Cultural da Câmara Municipal do Porto, de 1939, na página 96. Bacharel em ciências matemáticas pela Universidade de Coimbra, foi nomeado, em 24 de Abril de 1789, para o cargo de arquitecto da cidade (MEIRELES, 1982).

[40] Manuel da Silva Godinho terá nascido não antes de 1751, tendo sido aprovado da Aula de Gravura em 1776, data a partir da qual terá gravado inúmeras estampas. Duas delas correspondem aos desenhos de Teodoro de Sousa Maldonado, presentes na obra de Rebelo da Costa, publicada em 1789 (VISCONDE DE VILA NOVA DE GAIA, 1962).

O capítulo VI da sua *Descrição Topográfica e Histórica da Cidade do Porto* trata, exclusivamente, "*Do Grande Rio Douro, e do importante Comércio que dele provém á Cidade, ás conquistas do Reino e Nações Estrangeiras*". É desta obra a interessante planta da Barra que se encontra na Figura III.1 e no **ANEXO 1**, com maior pormenor, tendo marcados os principais pontos de referência descritos no texto.

Falando do términus do Douro, diz Rebelo da Costa – depois de mencionar a origem e trajecto do rio – que a sua barra, no lugar de S. João da Foz (nº1),

Principia de fronte do CASTELO, num. 2, e vai continuando com a largura de 20 braças[41] medidas desde a laje DAVRA, num. 3, até a de AGUIÃO num. 4, entre as quais faz o seu ponto principal. Estas lajes estão sempre cobertas d'água. Ao poente desta última, e na distância de 8 braças, há outra chamada do PICÃO num. 5,: ao norte d'ambas levanta-se fora d'água em todas as marés um alcantilado rochedo, chamado FELGUEIRAS num. 6 com a sua ponta ao sul, perigosíssima aos Navios, assim mesmo é a dita laje DAVRA [*sic*]. Pelo sul desta, forma-se outro canal chamado SUL DA LAGE num. 7, por onde entram as embarcações, quando não tem areias. Ao sueste desta segunda Barra, há outro rochedo, chamado FOGAMANADAS, num. 8, e imediatos a este, acham-se outros chamados os FILHOS DA PERLONGA num. 9, que vão ter ao CABEDELO num. 10.

Entre estas pedras e os rochedos, que estão pegados ao CASTELO num.2, é que está o canal da entrada principal da Barra.

Segue-se outro rochedo chamado TOURO num. 11, pelo sul do qual é a carreira dos Navios. Ao norte deste, há outro chamado SUPENA num. 12, que nunca se cobre d'água. Segue-se outro chamado SAMAGAYO num. 13, que está sempre encoberto. Ao norte deste estão outros chamados PICÕES num. 14, que só aparecem na baixa-mar. Continuando a mesma carreira, acha-se a pedra d'OLINDA num.15, que sempre está coberta d'água. Por entre esta, e o CABEDELO, é que continua a carreira dos Navios. Ao norte desta pedra d'Olinda, acha-se outra chamada a GAMELA num. 16, que aparece nas vazantes. Ao Lessueste [*sic*] da GAMELA, existe a pedra JOMBOI num. 17, e ao Leste fica o PILAR DA CRUZ num. 18, que aparece sempre fora d'água. Pelo sul deste PILAR, é a carreira ordinária dos Navios, e ao sul desta carreira fica no meio do Rio a pedra do FERRO num. 19, sempre oculta e encoberta.

Há outro canal ao sul desta pedra chamado SUL DO FERRO num. 20, que também serve de carreira aos NAVIOS; porém os mais pequenos, servem-se muitas vezes, do pequeno canal, que fica entre as pedras do MUGE num. 21, e a BUNARCEIRA num. 22. Ao leste da pedra da CRUZ acham-se outras chamadas os ARRIBADOUROS num. 23, que somente aparecem na baixa-mar; e logo acima na carreira ordinária estão as LOBEIRAS DE SOBREIRAS num. 24, que sempre estão encobertas. Defronte do lugar do Ouro há as LOBEIRAS DA ÍNSUA num. 25, e ao sul, é que continua a carreira de todas as embarcações. O CABEDELO, como já disse é toda a extensão d'areia num. 10, que algumas vezes chega a aproximar-se por força da corrente à PEDRA D'OLINDA num 15, e então é, que a Barra fica muito mais perigosa, sendo o dito CABEDELO também perigoso, ainda quando se não aproxima àquela pedra [*sic*].

Pelo que respeita a altura desta Barra, não se pode dar uma medida exacta, porque muda repetidas vezes de figura. Na preia-mar há ocasiões, que tem de 25, até 26 palmos, e em outras, até 20. O mesmo se pode dizer da outra Barra ao sul da pedra da LAGE num. 3.

Nas vazantes, tem a altura á proporção das marés. A causa ordinária [*sic*] destas diferentes alturas, procede do diferente curso das areias, que a rapidez do Douro leva consigo. A entrada dos Navios, que vêm metidos no mar em altura de 22 palmos, é sempre de três quartos d'água para cima [*sic*]. O mesmo acontece nas saídas. Há ocasiões, que se necessária a preia-mar completa, para os Navios de maior graduação [*sic*], que vem em 25 palmos d'água. Sendo embarcações, que navegam na altura de 12, até 15 palmos, podem entrar com um quarto d'água estando o mar chão [*sic*].

Logo que aparece ao longe algum navio a demandar a Barra, o Piloto Mor[42] lhe envia uma catraia com um Piloto de terra, prático na mesma Barra, para o conduzir a ela.

---

[41] Uma braça corresponde a 2,2 metros.

[42] A referência à existência de pilotos para guiar os navios na barra remonta ao século XV (ANTT – -Chancelaria de D. Afonso V, liv. 34, fl. 162v, in PEREIRA e BARROS, 2001).

Os dois autores supracitados são unânimes em considerar bastante difícil a entrada na Barra do rio Douro, cheia de perigos e que tantos desastres vêm causando até aos nossos dias (GONÇALVES, 1949). Referem-se, igualmente, ao Cabedelo[43] e à mobilidade das suas areias, bem como aos inúmeros rochedos que, em dois grupos (um próximo da margem direita e outro perto da zona sul), acidentavam o caminho.[44]

A dificuldade de transposição da barra não impediu, no entanto, uma intensa navegação, transportando mercadorias para os portos da Galiza, de França, da Flandres, de Inglaterra e de outras regiões do norte europeu, ou ainda para os ancoradouros do sul mediterrânico (PEREIRA e BARROS, 2001).

A passagem da barra do rio Douro teria, então, de efectuar-se através de um canal entre a penedia e as areias, apenas conhecido por homens experientes. O trajecto, segundo aquelas duas descrições, fazia-se pelo meio dos rochedos «Aguião» e «Davra», continuando pelo prolongamento da linha que une as ermidas de Santa Catarina e S. Miguel-o-Anjo. Prosseguia-se pela rota a sul dos penedos «Touro», «Samagaio» e «Olinda». Seguidamente, costeava-se meridionalmente o «Pilar da Cruz», vendo, a sul, a «Pedra do Ferro»; andando mais ou menos em frente seguia-se, então, por entre o Cabedelo e os «Arribadouros» e as «Lobeiras», continuando até ao Cais da Ribeira.

Para barcos de pequeno calado que vinham de sul para norte (PIMENTEL, 1712), o trajecto inicial podia ser feito pelo canal a sul do penedo «Laje» (ou Barra do Sul), a noroeste das «Fogamanadas» e junto da parte meridional da pedra «Davra». Este canal encontrava o principal a sul do penedo «Touro». Esta alternativa só poderia seguir-se, contudo, se não houvesse areias (REBELO DA COSTA, 1789).

Segundo este último autor, na zona do «Pilar da Cruz» os marinheiros poderiam servir-se de mais dois carreiros: o canal do Ferro, entre o Cabedelo e a «Pedra do Ferro» e, para barcos mais pequenos, entre a «Bornanceira» e a «Muge». Apesar de perigosos, estes

---

[43] Adolpho LOUREIRO (1909*a*) refere que já numa carta do Douro e sua foz, datada de 27 de Agosto de 1757 e assinada por Francisco Pinheiro da Cunha, se apresenta o Cabedelo separado de S. Paio e da Afurada por um canal que torneia a margem, deixando um grande assoreamento ou banco no meio do rio. Esta situação é igualmente representada no desenho de Maldonado, em 1789 (Figura III.1).

[44] Tendo por base um mapa ou planta da barra do Douro de 1815 (ver **Apêndice 6-E**), o engenheiro Monteiro de Andrade conseguiu o nome de mais alguns penedos (MAIA, 2000; ANDRADE, 1948), completando, aparentemente, o rol das rochas que condicionaram, desde longa data, a navegabilidade na foz do Douro.

canais eram percorridos continuamente, tal como ilustra a gravura de Manuel da Silva Godinho, de 1789[45] (Figura III.1).

Dada a dificuldade de travessia da barra do Douro,[46] diversas personalidades fundamentaram a necessidade de se proceder a obras de melhoramento da barra. A zona da foz do Douro e, particularmente, o Cabedelo, foram objecto de inúmeros projectos e estudos, que tentaremos sintetizar em capítulo próprio.[47]

III.3 - A FOZ DO DOURO: PRINCIPAIS EDIFICAÇÕES E SEU CONTEXTO HISTÓRICO

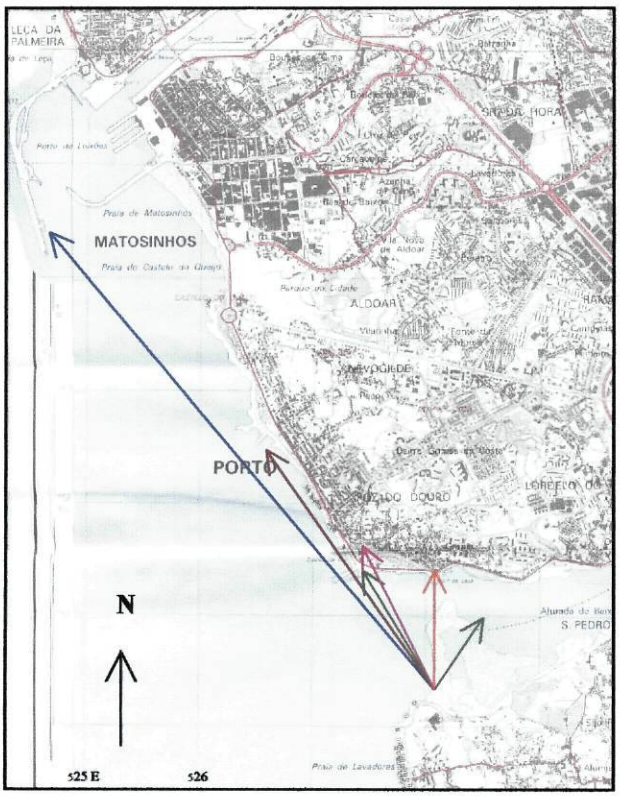


Figura III.2– Principais edificações e seu contexto histórico.

Legenda:

Castelo de S. João da Foz (III.3.1).

Capela-Farol S. Miguel –o-Anjo (III.3.2).

Molhes da Foz do Douro (Luís Gomes de Carvalho, Touro e Felgueiras) – (III.3.3).

Porto de Carreiros (III.3.4).

Porto de Leixões (III.3.5).

Extracto da Carta Militar de Portugal. Folha 122. Porto, 1999, na escala 1:25000

Escala da figura – 1:37500

Quem se aproximar da barra do Douro pelo mar, identifica-a facilmente pela presença, a norte, do casario desde S. João da Foz do Douro até Leixões, bem como pela estrutura arenosa que, a sul, constitui o Cabedelo.

[45] Encontrámos esta gravura em vasta bibliografia relativa à história da cidade do Porto e da sua barra, como por exemplo: GONÇALVES, 1949, p.9; MAIA, 2000, p.171; SILVA, F,R., 2000, p.276.; O Tripeiro, IV Série, nº3, Janeiro de 1931, p.173 (um pormenor); BARROCA, 2001, p.16; ARQUIVO NACIONAL, 1933, p.339; ARQUIVO NACIONAL, 1937, p.105; ANDRADE, 1941, p.226 ; FERNANDES, 1989, p.23; PEREIRA e BARROS, 2001, p.33.

[46] No capítulo II.3.3 referimos alguns desastres históricos que ocorreram naquela zona.

[47] Ver capítulo IV.

A freguesia da Foz do Douro prolonga-se até ao Monte da Luz, possuindo edifícios importantes que se destacam num olhar panorâmico da região. É o caso da torre-farol de S. Miguel–o-Anjo, na Cantareira, da igreja com duas torres quadrangulares a fechar em pirâmide e do Forte de S. João da Foz - edifício granítico semelhante ao Castelo do Queijo e ao Forte de Nossa Senhora das Neves (Leça da Palmeira) ou ainda a outras fortalezas existentes ao longo da costa datadas do século XVI (TATO, 1972).

Do lado sul da barra do Douro encontra-se o povoado de Lavadores onde se situa, num ponto elevado, o antigo edifício da Seca do Bacalhau.

Posicionando-nos no Cabedelo, virados para norte, podemos identificar, ainda, outras construções como os molhes do Touro e de Felgueiras, a Meia-Laranja, o edifício dos Pilotos da Barra e o Marégrafo, o porto de Carreiros e o porto de Leixões.

Pela importância e interesse histórico demonstrados, destacaremos as principais edificações presentes na foz do rio Douro, nomeadamente a Capela-farol de S. Miguel-o--Anjo, o Castelo de S. João da Foz, os molhes e o porto de Leixões. As construções erigidas na tentativa de regularizar o caudal do rio ou melhorar o acesso à barra serão tratadas em capítulo próprio.[48]

III.3.1 - O CASTELO DE S. JOÃO DA FOZ – A NECESSIDADE DE DEFESA DOS POVOADOS

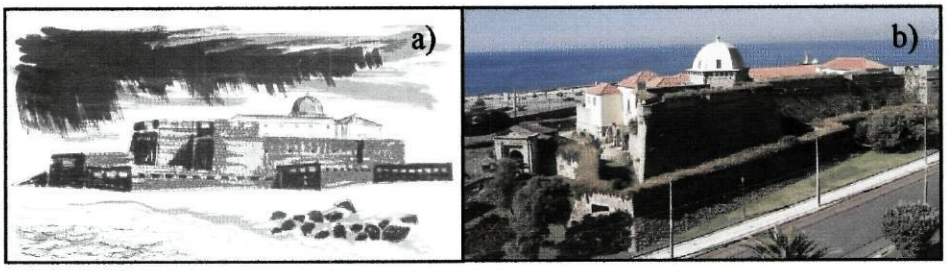


Figura III.3 – a) Esquema de Gouveia Portuense (in CRUZ, 1984*c*); **b)** Aspecto actual da Fortaleza de S. João da Foz.

Afastada cinco quilómetros da foz do rio e da linha de costa e protegida pelas curvaturas do Douro, a cidade do Porto medieval passava despercebida aos que cruzassem a costa atlântica.

No sentido de diminuir o risco de incursões inimigas, ao longo das épocas, o núcleo histórico do Porto conheceu várias linhas defensivas. A mais antiga, tardo-romana, parece remontar ao século III ou IV da nossa era (BARROCA, 2001). Até aos fins da Idade Média foram construídas sucessivas muralhas de protecção, com perímetros crescentes, em resposta à expansão da cidade.

[48] Ver capítulo IV.

Na alvorada da Época Moderna, os conceitos de defesa modificaram-se significativamente, já que o domínio de novos tipos de armamento, cada vez mais potentes e precisos, tornava dispensável a presença de muros verticais, altos e espessos, além de que o crescimento da cidade tornava financeiramente incomportável a construção de muralhas fechadas. Simultaneamente, alguns ataques de corsários levaram o Reino a implementar, no século XVI, estruturas militares actualizadas ao longo da sua linha de costa.

Simão de Ruão, mestre de construções militares nomeado por D. Sebastião, assumiu a responsabilidade de projectar a defesa de Entre Douro e Minho (LOUREIRO, 1903; LOUREIRO, 1909*a*; BARROCA, 2001). A sua política defensiva incluiu a construção de estruturas fortificadas na foz dos principais rios, privilegiando, naturalmente, aqueles que comportavam portos de alguma envergadura – a foz dos rios Douro, Ave e Lima.

Junto à foz do rio Douro viria, assim, a ser construído um sistema defensivo avançado capaz de impedir a entrada de navios que pusessem em causa, por via marítimo-fluvial, a segurança dos povoados. Esse sistema é materializado pela Fortaleza de S. João da Foz[49] (Figura III.2), cujas fases iniciais de edificação datam de 1560 (MAIA, 2000), embora a obra só se tenha completado volvidas várias décadas (Figura III.4).

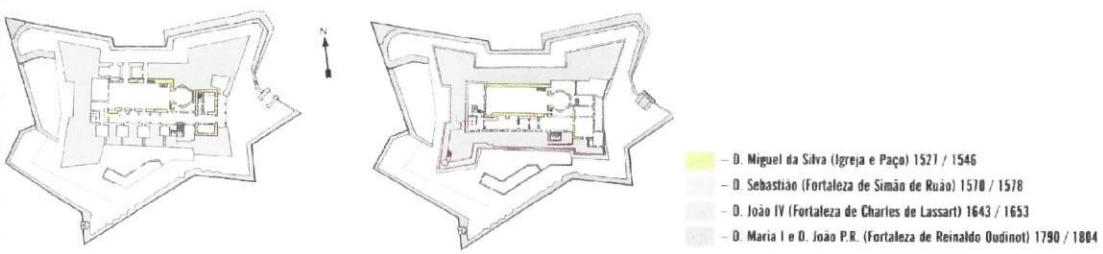


Figura III.4 – Planta da Fortaleza de S. João da Foz, com as suas sucessivas fases de construção - piso térreo e 1° andar (extraído de BARROCA, 2001).

Só mais tarde, em 1638,[50] iniciou a construção do Forte de Nossa Senhora das Neves, na foz do rio Leça e, a partir de 1651-55, foi erguido o forte de S. Francisco Xavier do Queijo (BARROCA, 2001). Nos inícios do século XVIII a faixa costeira estava, finalmente, guarnecida por uma rede relativamente densa e equilibrada de estruturas militares.

O Castelo de S. João da Foz assumiu um papel importante na defesa da barra do Douro durante as lutas civis de 1832 e 1833 (Cerco do Porto), responsáveis pela conversão da cidade do Porto num verdadeiro cenário de guerra (VITORINO, 1938). Esta Fortaleza

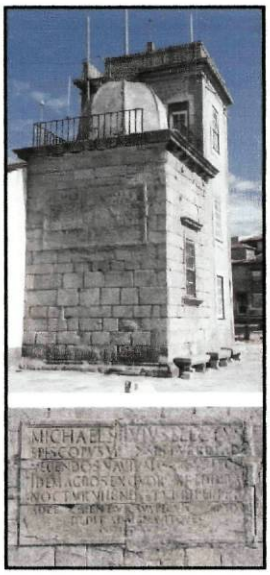
[49] Esta fortaleza costeira esteve, inicialmente, encostada à embocadura do rio Douro. Devido à rectificação que a foz recebeu, nos princípios do século XIX, ela passou a encontrar-se recuada (DIONÍSIO, 1994).

[50] Durante o domínio filipino.

exerceu as suas funções[51] de vigilância de terra e do mar até 1934,[52] altura em que o Regimento de Infantaria nº18, que aqui estava sediado, foi dissolvido. Entre 1941 e 1961, as suas instalações abrigaram o Posto de Transmissões Militares. Em 1963 discutiu-se a instalação de um museu e, em 1971, de uma pousada, acabando por ser destinado ao Instituto de Defesa Nacional, que tem ali a sua sede nortenha (BARROCA, 2001).

Em 1967, o castelo de S. João da Foz do Douro passou a ser designado por Forte de S. João Baptista e classificado, pelo Decreto-Lei nº47984, como Imóvel de Interesse Público (MAIA, 2000).

III.3.2 - CAPELA-FAROL S. MIGUEL-O-ANJO: A FOZ DE D. MIGUEL DA SILVA (SÉCULO XVI)



Referimos, no capítulo III.1, o pioneirismo de D. Miguel da Silva (**APÊNDICE 3-A**) relativamente a intervenções na barra do Douro, visando uma melhor acessibilidade. Segundo BARROCA (2001, p.23), «A passagem de D. Miguel da Silva por Portugal ficou pautada por inúmeras iniciativas que deixam transparecer a forte personalidade e o enorme dinamismo» deste bispo-mecenas que, entre 1526 e 1540, com um ambicioso plano construtivo, transformou definitivamente o perfil da foz do rio Douro.

Figura III.5 - Aspecto actual da capela-farol de S. Miguel-o-Anjo (Cantareira - -foz do rio Douro).

D. Miguel da Silva nasceu em Évora, por volta de 1480, filho de D. Maria de Ayola e de D. Diogo da Silva Menezes, aio d'El Rei D. Manuel I e Conde de Portalegre. Estudou em Portugal, Paris, Siena e Bolonha, tendo adquirido uma sólida formação linguística e humanística.

---

[51] Tal como é referido, por exemplo, por António Carvalho da COSTA (1868, p.318) «Tem um forte, que segura a Barra do Douro» ou nas *Memórias Paroquiais de 1758* (ap. MEIRELES, 1965, p.195): «Tem um castelo, ou Fortaleza que defende a barra, está situada junto a ela sobre uma penha, em que bate o mar da parte do sul, sem um palmo de terra que não esteja coberto de pedra.».

[52] Curiosamente, «Embora o Castelo tivesse sido protagonista de diversas peripécias ao longo do tempo, [...] a única vez que foi cercado, foi por gente portuguesa.» (MAIA, 2000, p.132). Referem-se à tomada do Castelo de S. João da Foz, em 9 de Dezembro de 1640, durante o Cerco do Porto, diversos autores como , por exemplo, BARROCA (2001, p.70) e LUZ SORIANO (passim, 1890).

Em 1514, D. Manuel I nomeou D. Miguel da Silva para o cargo de embaixador de Portugal junto do Concílio de Latrão e, em 1517, o Papa Leão X escreveu a D. Manuel I, manifestando o seu reconhecimento pelo monarca ter enviado «Embaixador óptimo, cheio de bondade, de prudência e inteligência» (BARROCA, 2001, p.18).

D. Miguel seguiu a vida eclesiástica e, ao longo de uma década, entre 1515 e 1526, permaneceu em Roma na qualidade de embaixador do Rei de Portugal. Nesse período conviveu com alguns dos maiores vultos do Renascimento: Leonardo DaVinci, Miguel Ângelo, Rafael e Ticiano (BARROCA, 2001).

Em 1525, D. João III, então monarca, ordena a D. Miguel que regresse a Portugal, substituindo-o por D. Martinho de Portugal. Não obstante as tentativas do Papa para manter o bispo junto de si, D. Miguel regressa ao Reino em Julho de 1525, altura em que D. João III o nomeia para Escrivão da Puridade e, entre outros títulos, Dono e Senhor do Couto de S. João da Foz do Douro.

D. Miguel da Silva, residindo nesta zona, verificou que a barra do Douro reunia perigos, quer pelas fortes correntes que aí se faziam sentir, quer pela existência de rochedos na sua entrada. Mandou, então, chamar um construtor (Francisco Cremonês, mestre italiano que já havia executado obras para D. Miguel), a quem solicitou a edificação, no sítio da Cantareira, de uma capela-farol (LANHOSO, 1963; COUTINHO, 1965; DIONÍSIO, 1994; MAIA, 2000; SILVA, F.R., 2000; BARROCA, 2001) que tivesse a curiosa arquitectura da torre do Farol, existente em Alexandria, no Egipto.

Em 1528, a capela-farol foi dada como concluída e baptizada com o nome de S. Miguel-o-Anjo (LANHOSO, 1963; COUTINHO, 1965; SILVA, F.R., 2000; MAIA, 2000; BARROCA, 2001) – ver **APÊNDICE 3-B**. Além de iluminar a entrada do porto, ficava em mira com a Torre da Marca[53] (erigida na zona onde mais tarde se rasgou a Avenida das Tílias, no Jardim do Palácio de Cristal), para que pudesse guiar, no bom caminho, os barcos e naus que ao rio Douro aportassem.

Segundo MAIA (2000), esta torre-farol é a única existente na Península Ibérica e BARROCA (2001) refere que ela será a primeira estrutura arquitectónica portuguesa construída de raíz para o fim a que se destina, bem como um dos mais antigos faróis sobreviventes na Europa. No entanto, LANHOSO (1963) salienta que o farol de S. Vicente

[53] Uma das marcas orientadoras dos mareantes era o Pinheiro da Marca, situado numa escarpa, próxima à margem fluvial, onde se localizam, actualmente, os jardins do Palácio de Cristal. Tendo sido derrubada por um temporal, em 1537, esta árvore foi substituída, em 1542, por uma torre – a Torre da Marca, que exerceu funções até à sua destruição, no século XIX, durante as guerras liberais (PEREIRA e BARROS, 2001).

seria o único farol de toda a costa até à construção de S. Miguel-o-Anjo e, portanto, mais antigo. Muitas vidas terão sido poupadas pela luz de S. Miguel-o-Anjo, ao ajudar na condução de numerosos barcos por entre as vias rochosas e traiçoeiras da barra do Douro.

Em 1536, D. Miguel da Silva mandou construir, sobre alguns penedos em plena foz do rio Douro, um templete de forma circular, em cujo interior foi instalada uma estátua de *Portumnus* (Figura III.6), o deus romano dos portos.

Aqueles penedos viriam a ser designados, mais tarde, talvez a partir do século XVI (CRUZ, 1984*a*), por «Cruz de Ferro» (BARROCA, 2001) e a estátua, representando um romano togado de braço esticado, indicava o rumo seguro (BARROCA, 2001; COUTINHO, 1965; CRUZ, 1984 *a,b*) – ver **APÊNDICE 3-C**.

Figura III.6 – Estátua togada da Foz (Museu do Carmo, Lisboa).

Com o desejo sempre presente de tornar o rio e a sua costa mais navegáveis e menos perigosos, para além do templete, D. Miguel da Silva mandou colocar quatro colunas, assinalando outros tantos rochedos perigosos para a navegação na barra do Douro. Este conjunto, que o tempo e o mar há muito destruíram, juntamente com a Torre da Marca e o Farol S. Miguel-o-Anjo, ficou conhecido pelos homens do mar como "Balizas do Douro" (COUTINHO, 1965; MAIA, 2000; BARROCA, 2001).

Entretanto, o relacionamento de D. Miguel da Silva com D. João III, que nunca fora muito cordial, degradou-se ao longo do tempo, fundamentalmente devido a divergências de opinião relativas à Inquisição, obrigando o bispo a exilar-se ainda antes de erguida mais uma das suas recomendações – a Igreja de S. João da Foz (BARROCA, 2001).

O bispo partiu de Portugal em 1540, escapando *in extremis* à prisão. Viveu os seus últimos anos em Roma, onde foi nomeado Cardeal pelo Papa Paulo III. Viria a morrer em Roma, no dia 6 de Junho de 1556, sem nunca ter regressado a Portugal (BARROCA, 2001).

D. Miguel da Silva ficou conhecido como o "Bispo Construtor", graças às obras de melhoramento e de construção que, por mão do arquitecto Mestre Francisco Cremonês, desenvolveu no couto de São João da Foz do Douro.

O templete, a estátua, as colunas e uma inscrição de 1536 foram recuperados mais tarde, no século XIX, durante o desenvolvimento de trabalhos para o melhoramento da barra do Douro (ver **APÊNDICE 3-C**).

O farol de S. Miguel-o-Anjo,[54] pelo contrário, chegou até aos nossos dias praticamente intacto, constituindo uma mais valia merecedora de estima (Figura III.5). Contudo, foi escondido por outras construções, como é o caso do edifício da Corporação dos Pilotos da Barra do Douro, edificado por volta de 1841, e a Torre do Semáforo, erguida a expensas da Associação Comercial do Porto, em 1852 (COUTINHO, 1965; BARROCA, 2001).

Não restam dúvidas, portanto, que D. Miguel foi uma das personalidades mais importantes do século XVI, relativamente a contributos para a evolução e segurança da barra do Douro.

III.3.3 – OS MOLHES DA FOZ DO DOURO: «LUIZ GOMES DE CARVALHO», «TOURO» E «FELGUEIRAS»

III.3.3.1 – O MOLHE DE LUIZ GOMES DE CARVALHO

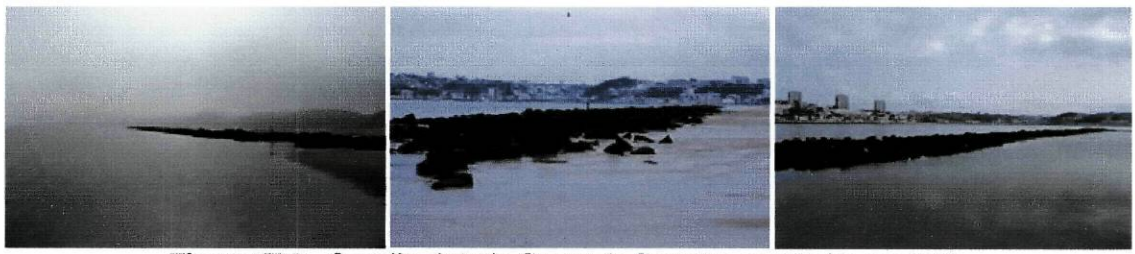


Figura III.7 - O molhe de Luiz Gomes de Carvalho, construído em 1820.

O molhe de Luiz Gomes de Carvalho (Figura III.7) deve o seu nome ao engenheiro que o projectou e edificou, entre 1820 e 1825 (LOUREIRO, 1903; IHRH, 1989; BARROCA, 2001). Este dique, de 600 metros de comprimento, estabelece uma separação clara entre a bacia de S. Paio e o canal estuarino propriamente dito, sendo visível apenas fora das preias-mares.

Os pormenores da sua execução estão relatados no capítulo IV.2.2 e no **APÊNDICE 5-D**, embora possa adiantar-se que a estrutura existente actualmente não corresponde ao projecto inicial, o qual previa o seu prolongamento desde a Afurada até às pedras Fogamanadas.

---

[54] Este farol pode ser identificado na Planta da Barra de Joaquim de Sousa Picão (datada de 1815), presente no Apêndice 6-E, assim como em «Plan of Oporto» (planta de origem sueca, de 1833), além da vista da Barra por Marques Aguilar (em 1791). Destacam-se ainda algumas estampas em que o farol de S. Miguel-o-Anjo é visível: a Perspectiva das Margens do Douro, gravada por G. Hammer, segundo o desenho de G. Kopke (de 1827), bem como a Perspectiva da Entrada do Douro, dedicada a José Seabra da Silva (em 1790).

Infelizmente, os resultados da implantação desta estrutura parecem não ter correspondido aos anseios de Luiz Gomes de Carvalho. O molhe pode, inclusivamente, ter agravado o estado da barra, e o retraimento do Cabedelo, igualmente esperado, também não se verificou (DIONÍSIO, 1994). Por consequência, os naufrágios e os encalhes sucederam-se e a construção do porto de Leixões tornou-se inevitável.

III.3.3.2 – Os molhes do Touro e de Felgueiras

Figura III.8 - Vista dos molhes de Felgueiras e do Touro. A norte está o molhe das Felgueiras (à direita na figura) e um pouco mais a sul encontra-se o molhe do Touro (no lado esquerdo da imagem).

Os molhes do Touro e de Felgueiras (Figura III.8) assumem o nome dos afloramentos rochosos sobre os quais foram implantados. Estes molhes são praticamente paralelos, embora o molhe assente nas pedras «Felgueiras» seja mais prolongado para oeste. Juntamente com as restantes obras de regularização da margem direita, eles formaram um aterro espaçoso que deu lugar ao parque do Passeio Alegre.

A sua presença deslocou a barra, até aí sinuosa e dificultada pela presença de escolhos, melhorando a sua profundidade, de 17 palmos (medidos no Verão de 1789) para 22 palmos, em cerca de 30 anos (DIONÍSIO, 1994).

A referência à pedra «Touro» para base de sustentação de um molhe é anterior à das pedras «Felgueiras», sendo aquele molhe também conhecido por "molhe velho" (DIONÍSIO, 1994). O molhe das Felgueiras, ou "molhe novo", com 230 metros de comprimento, nasceu perto do areal do Castelo, flanqueando a entrada norte da barra.

São numerosos os trabalhos que se referem a ambas as estruturas como marcos importantes para a regularização da margem direita da foz do rio Douro (LOUREIRO, 1903). Efectivamente, são diversos os projectos e estudos que tentam justificar a edificação/ampliação destes molhes,[55] nomeadamente os de José Monteiro Salazar (em 1779), de Reynaldo Oudinot (em 1790), de João Chrysostomo de Abreu e Sousa (em 1840), de Gayffin (em 1854), de John Rennie (em 1855), de Lazeu (em 1863), de Tibério

[55] Ver capítulo IV.

Blanc (em 1869) e, a partir desta data, de Afonso Soares, responsável pelo desenvolvimento de inúmeras obras da barra do Douro.

Figura III.9 – Molhe das Felgueiras com o seu farolim.

Além da regularização da margem direita, já referida, o molhe das Felgueiras (Figura III.9) terá limitado, igualmente, a deslocação do Cabedelo para norte (LOUREIRO, 1903). A construção deste molhe foi, no entanto, prolongada no tempo, já que passou praticamente um século desde as fases iniciais do seu levantamento, em 1790, até à colocação do farolim,[56] ainda hoje activo, em 1886 (BARROCA, 2001), o qual permite orientar as embarcações que se aproximem da barra do Douro.

III.3.4 – O PORTO DE CARREIROS

Figura III.10 - O cais de Carreiros tem, aproximadamente, 165 metros, cabendo ao molhe baixo, mais próximo da praia, 115 m e ao alto cerca de 50 m.

O molhe de Carreiros[57] (Figura III.10) foi construído visando possibilitar o desembarque de pessoas, correio e mercadorias,[58] quando a barra do Douro não permitisse o acesso, nomeadamente devido a correntes de vazante ou de cheia. Ele constitui, segundo OLIVEIRA (1989), o primeiro porto de mar da costa continental portuguesa, embora usufruisse, inicialmente, de dimensões reduzidas.

A designação de "carreiro" referente a reentrâncias estreitas e relativamente compridas na orla marítima é antiga e frequente e o caso particular do molhe de Carreiros

---

[56] O farolim do molhe das Felgueiras foi renovado em 1945, e aufere de um alcance de 12 milhas em transparência média (BARROCA, 2001).

[57] A designação primitiva para esta estrutura era "Porto de Carreiros", embora, actualmente, esteja classificada como "Cais de Carreiros", de acordo com o Regulamento Geral das Capitanias, de 1981 (OLIVEIRA, 1989).

[58] O desembarque fazia-se por intermédio de barcos a remos denominados catraias (semelhantes aos utilizados pelos pilotos da barra do Douro) que ligavam os navios de vela ou de motor a vapor, fundeados ao largo do porto de Carreiros.

aparece mencionado em trabalhos diversos, como nas *Memórias Paroquiais de 1758* – Nevogilde -, nas quais o abade Manuel da Silva Pereira, em resposta à 24ª pergunta, relativa à existência de portos, refere: «Na parte do sul, chamado - o Carreiro – onde em toda a maré entram e aportam na praia os ditos barcos» (ap. OLIVEIRA, p.23).

Um outro exemplo é o mapa de Gomes da Cruz (de 1775) – ver Figura III.13 e **APÊNDICE 4** – no qual aparece uma referência ao porto de Carreiros, dizendo-se que «Este pequeno Porto é salvação de muitas lanchas de pescaria q. se salvaram em a [*sic*] areia do seu fundo».

Também Monteiro de Andrade,[59] relativamente à planta inglesa «Oporto and Environs» (ver **APÊNDICE 6-H**), de 1832, assinala no paralelo do Monte Crasto "Landing Pt." (local de desembarque), como sendo o "carreiro". Na mesma publicação,[60] na planta «Porto e Arrabaldes» (ver **APÊNDICE 6-M**.), o mesmo "carreiro" é assinalado sob a designação de "Desembarque". A zona de Carreiros surge assinalada, igualmente, na «CarteTopographique Militaire des Lignes au Nord et au Sud du Douro»[61].

A construção do porto de Carreiros é anterior à do porto de Leixões, não se conhecendo, com precisão, as diferentes fases da sua edificação (OLIVEIRA, 1989). Segundo TATO (ap. OLIVEIRA, 1989, p.30), o início das obras deste pequeno porto terá sido em 1825, com uma primeira fase concluída em 1862 e um prolongamento em 1886. Em 1884 ter-se-á instalado o gradeamento da parte superior do molhe, ainda visível actualmente (OLIVEIRA, 1989). Também LOUREIRO (1903) se refere a diversas fases de desenvolvimento do porto de Carreiros, nomeadamente entre 1825 e 1857 (construção) e de 1869 a 1882 (ampliação).

Esta estrutura granítica foi assente nos afloramentos gnáissicos da foz do Douro, datados de 600 milhões de anos (PINTO et al., 1987), tal como mostra o esquema da (Figura III.11). A continuidade destas rochas, formando, com os rochedos a sul, um carreiro relativamente abrigado da ondulação, é visível durante a baixa-mar.

---

[59] Plantas Antigas da Cidade. Iconografia Portuense. CMP. Boletim Cultural. Vol V, Fasc.1. Março de 1942. p. 72, Figura VII.

[60] Ibid., p.85, Figura X.

[61] Id., p.87, Figura XI.

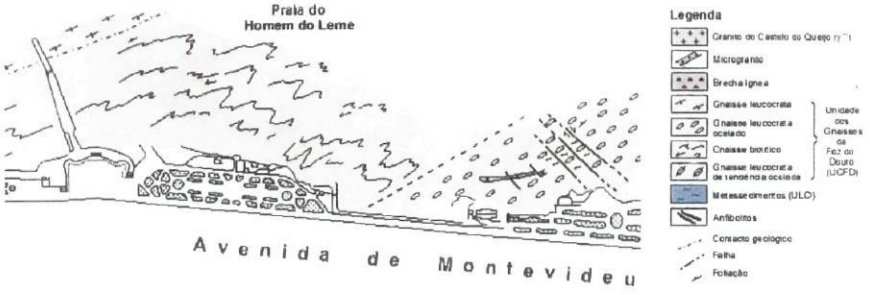


Figura III.11 – O molhe baixo e parte do molhe alto assentam em gnáisse biotítico e o extremo da estrutura sobrepõe-se a um afloramento de gnaisse leucocrata, litologias integradas na unidade tectono-estatigráfica designada por Unidade dos Gnaisses da Foz do Douro (UGFD) (CHAMINÉ, 2000; NORONHA e LETERRIER, 2000) (Adaptado de MARQUES et al., 2000).

Este porto foi, então, amplamente usado, embora a evolução dos meios de navegação e a construção do porto de Leixões tenham feito diminuir o acesso ao cais de Carreiros, passando este a funcionar apenas como abrigo para barcos de pesca artesanal e actividade balnear (OLIVEIRA, 1989).

III.3.5 – O PORTO ARTIFICIAL DE LEIXÕES – DA SEGURANÇA AO SUCESSO COMERCIAL

Figura III.12 – Porto de Leixões. Vista aérea actual (TITAN, nº5, 1998)

«A foz do Leça transformava-se, há já dois mil anos, num importante interface portuário e comercial da região» (CLETO, 1999, p.9). À foz deste rio se referiu, igualmente, um major de Engenharia, Marino Miguel Franzini, no seu Roteiro das Costas de Portugal, publicado em 1812, nas seguintes palavras:

Talvez seja este o único ponto desta costa que oferece algum abrigo às embarcações acossadas, pela travessia; e, em todo o caso, é a única paragem onde as equipagens podem ter esperanças de salvação quando seja inevitável encalhar. Os barcos de pilotos e pescadores quase sempre podem sair ao mar partindo deste ponto, quando pela ressaca [*sic*] é isso impraticável em outra qualquer paragem da costa. (ap. MARÇAL, 1965, pp.18-19).

O desenvolvimento de toda a área envolvente, nomeadamente da cidade de Matosinhos, com um marcado incremento populacional e uma elevada concentração

industrial, está profundamente associado à presença daquela que terá sido, porventura, uma das maiores obras de engenharia do século XIX, em Portugal (CLETO, 1998).

No último século, contudo, de um simples abrigo natural, o porto artificial de Leixões evoluiu para uma mega-estrutura portuária.

III.3.5.1 – Localização do Porto de Leixões

A presença, em frente à embocadura do rio Leça, a cerca de uma milha da costa, de um conjunto de rochedos formando um semi-círculo, permitiu o aparecimento de uma área considerável com boa profundidade e concomitante acalmia relativa (MARÇAL, 1965). Estes rochedos dispõem-se em duas fileiras, sendo a mais extensa e distante constituída pelas pedras «**Leixões**» e a mais pequena e próxima da praia denominada por pedras das «**Salgueiras**» (MARÇAL, 1965).

Dos penedos «**Leixões**» fazem parte, entre outros, os rochedos «Arribadela», «Leixão-Grande», «Cavalo de Leixão», «Baixa-do-Moço» (sempre descobertos); «Abraços» e «Quilha» (visíveis na baixa-mar), e «Lada-Grande», «Lada-Pequena», «Filhos da Baixa-do-Moço», «Espinheiro» e «Tringalé» (sempre encobertos).

Quanto aos penedos das «**Salgueiras**», os mais importantes são os seguintes: «Salgueira» (encoberto nas marés vivas), «Baixa da Salgueira», «Galinhaço», «Alagadiça», «Baixo do Noroeste», «Filho de Baixo do Noroeste», «Arrinca Lemes», «Fuzilhão», «Orças» e «Baixo do Leixão Velho».

Conhecidas as características privilegiadas deste local, avançou-se, em finais do século XIX, com a construção de uma verdadeira estrutura portuária. Esta decisão, tardia face às tentativas de melhoramento na barra do Douro[62] foi repetidamente adiada pois, na verdade, a burguesia portuense nunca se mostrou interessada em desviar a navegação do ancestral porto comercial do Douro (CLETO, 1998; MARÇAL, 1965).

Só a força dramática dos acontecimentos revelou a periculosidade da foz duriense. A sucessão de naufrágios e encalhes, a ocorrência de cheias, o fecho da barra durante um número considerável de dias ao longo do ano, o seu assoreamento e o aumento progressivo do tráfego comercial e do calado dos navios, conduziram ao levantar de vozes em defesa da necessidade de um porto de abrigo. Este viria a ser assente nos rochedos que já haviam garantido a segurança aos que se abeiravam da costa: os «Leixões».

---

[62] Ver capítulo IV.

III.3.5.2 – PROJECTOS E ESTUDOS PARA IMPLANTAÇÃO DO PORTO ARTIFICIAL DE LEIXÕES

A ideia de se aproveitar o local dos escolhos «Leixões», na foz do rio Leça, para implantação de um porto de abrigo vem já de longa data, como testemunha, por exemplo, a redacção do pároco de Leça da Palmeira, doutor Manuel da Cruz Ribeiro,[63] em 1758:

> Em distância de um quarto de légua a o mar [sic], em direito da boca do rio [sic], está descoberta uma penha de grande e plana área, [...]: Dizem os engenheiros, que se pode edificar um cais para ir a pé enxuto [sic] ao dito penhasco grande chamado Leixões edificar uma boa Fortaleza para defesa de um surgidouro [sic] excelente de grande quantidade de Navios, muito útil para todo o tempo, muito mais para o em [sic] que não podem entrar a Barra do Porto, por seus contínuos perigos. (ap. MARÇAL, 1965, p.19).

Apesar de os projectos e estudos para construção do porto de abrigo se tornarem frequentes a partir do reinado de D. João V, a ideia de edificar um porto até aos rochedos «Leixões» remonta, pelo menos, ao século XVI (MARÇAL, 1965; CLETO, 1998). Efectivamente, estes autores referem a existência de propostas, já de 1567, sob a autoria do célebre arquitecto **Simão de Ruão**,[64] constituindo os seus estudos os mais antigos testemunhos da valorização de Leixões como porto de abrigo.

Especial destaque merece, igualmente, o «Mapa He Ademonstração da Costa do Mar desde a Villa de Matozinhos, athe a barra da Cidade do Porto [*sic*]».[65] Nas partes superior e inferior deste mapa, de 1775, (Figura III.13), **José Gomes da Cruz** apresenta um texto/projecto, descrevendo a localização e características de um porto de abrigo em Leixões.[66]

---

[63] No 25º articulado da resposta efectuada a um questionário enviado pelo Padre Luís Cardoso, da Congregação do Oratório de Lisboa, tendo em vista a elaboração do grande Dicionário Geográfico de Portugal (*Memórias Paroquiais de 1758*) (MARÇAL, 1965).

[64] Referimo-nos a Simão de Ruão no capítulo III.3.2, dedicado à construção do Farol de S.Miguel-o-Anjo e ao seu bispo edificador – D. Miguel da Silva.

[65] Por José Gomes da Cruz, Piloto das naus de guerra. 1775. Cópia de 1906. Arquivo da APDL (CLETO, 1998; 1999).

[66] Ver texto em pormenor no **APÊNDICE 4**.

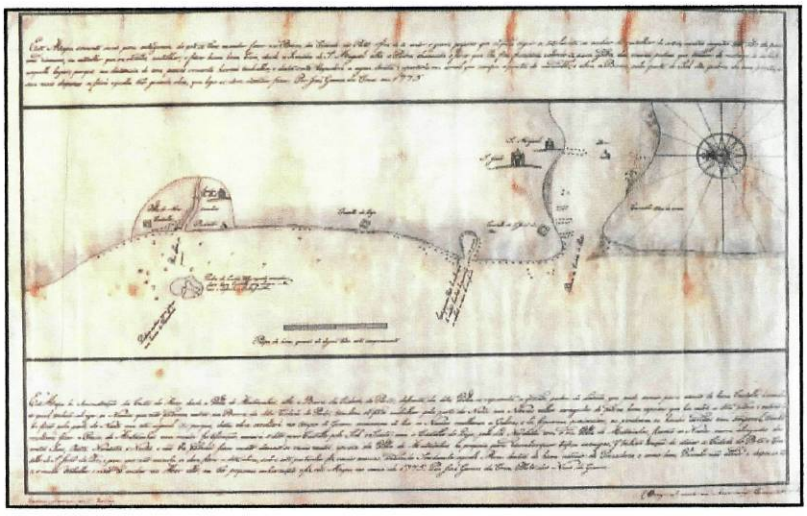


Figura III.13 - «(...)Mapa He Ademonstração da Costa do Mar Desde a Villa de Matozinhos, athe a Barra da Cidade do Porto(...)», por José Gomes da Cruz, Piloto das Naus de Guerra, 1775. Cópia de 1906. Arquivo da APDL (in CLETO, 1999).

À semelhança da situação verificada, na foz do rio Douro, no que respeita às obras de melhoramento da barra, também o porto de Leixões foi alvo de numerosos projectos e estudos, desde meados do século XVIII até finais do século XIX, altura da sua construção.

Terá sido o trágico dia 29 de Março de 1852[67] a marcar, indubitavelmente, uma viragem na resistência verificada, até então, em proceder ao desvio das trocas comerciais para um porto mais seguro (FELGUEIRAS, 1958; MARÇAL, 1965; APDL, 1991; CLETO, 1998).

As propostas de **Salazar**, em 1779, de **Oudinot**, em 1789, de **Gomes de Carvalho**, em 1816, de **Alves de Sousa**, em 1840, ou de **Damásio**, em 1844 (CLETO, 1998; MARÇAL, 1965) são exemplos de planos para a concretização de um porto de abrigo na foz do rio Leça, embora não tenham passado de propostas.

O contexto sócio-económico vigente durante a segunda metade do século XIX levantou, no entanto, entraves diversos (CLETO, 1998) e apesar de esta época ter sido rica em propostas nacionais e estrangeiras para a edificação de um porto de abrigo, só em finais do século ele foi construído. Contudo, as tentativas de melhoramento da barra do Douro continuavam, embora a existência de um porto de abrigo em Leixões reunisse consenso crescente.

Em 1855, **Freebody** (22 de Março) e **Rennie** (14 de Junho), além de defenderem a construção do porto, avançam com projectos para a sua edificação. Um outro exemplo de opinião favorável relativamente à construção do porto de Leixões é a de **Lazeu**, engenheiro

[67] Verificou-se, nesse dia, o naufrágio do vapor «Porto», descrito no Apêndice 2. Na sequência deste acidente, a rainha D. Maria II fez acelerar os estudos tendentes à construção de um porto em Leixões, embora apenas pensado como uma estrutura de abrigo.

francês que, apesar de ter apresentado um projecto para levantamento de molhes na foz do Douro[68] defende, igualmente, a alternativa de implantação de um novo porto.

Em 1865, James Abernethy lança uma proposta para um porto na foz do rio Leça (Figura III.14) e, em 17 de Março de 1865, surge um outro projecto, da autoria do engenheiro **Manuel Afonso Espregueira**, prevendo a implantação de dois molhes na praia e um quebra-mar exterior. Este projecto viria a receber o parecer favorável do Conselho das Obras Públicas, em 17 de Abril de 1868.

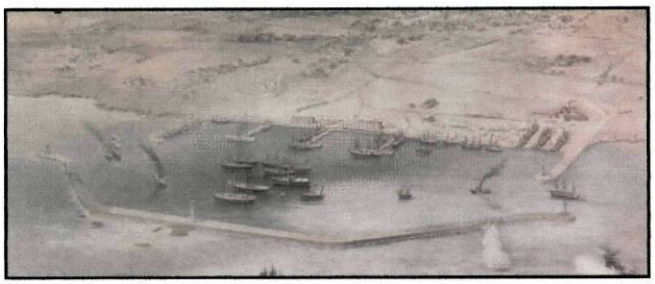


Figura III.14 – Proposta de James Abernethy, em 1865, para implementação de um porto artificial na foz do rio Leça (pormenor). In CLETO (1998).

As tentativas de melhoramento da barra do Douro, visando manter o protagonismo nas trocas comerciais, levaram a que se propusesse, em 1879, a construção de um canal de ligação entre o porto de Leixões e o do Douro, sem passar pela sua barra. **James Abernethy** foi um dos equacionadores deste projecto (Figura III 15), cuja inviabilidade conduziu à sua postergação.

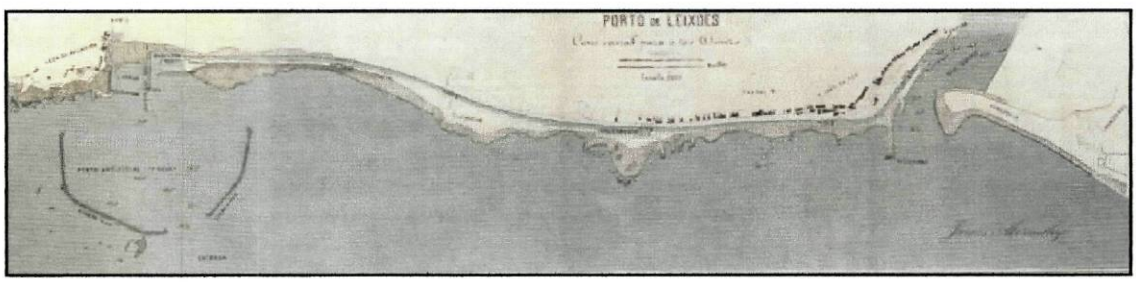


Figura III.15 – Porto de Leixões ligado ao rio Douro por um canal para navios. Proposta de James Abernethy, em 1879. In CLETO (1998).

Anos volvidos surgiram os projectos de Sir John **Coode** (em 1881) e de **Afonso Joaquim Nogueira Soares** (em 1878), personalidade que dirigia, na época, os trabalhos da barra do Douro. Com base nestes dois projectos surgiria, em 1883, aquele que viria a servir de base à construção do porto de abrigo. Nesse mesmo ano, a obra seria decidida por Hintze Ribeiro, então Ministro das Obras Públicas, tendo sido aberto concurso internacional para a construção definitiva do porto de Leixões.

[68] Ver capítulo IV.2.2.

Entre Fevereiro de 1884 e 1892, o porto cresceria então na forma de dois gigantescos e imponentes molhes (FELGUEIRAS, 1958; MARÇAL, 1965; CLETO, 1998). O recurso aos titãs – enormes guindastes movidos a vapor -, colocando pedras de grande dimensão e tonelagem, permitiria o avanço do porto sobre o mar (Figura III.16).

Da obra resultou uma enseada com 95 hectares, definida pelos dois molhes: o de sul, com 1147 metros e o de norte com 1579 metros (MARÇAL, 1965).

Figura III.16 – Molhe norte visto dos rochedos de Leixões. Um dos dois titãs utilizados na construção do porto de Leixões (pormenor). Foto de Emílio Biel. In CLETO, 1998.

A estrutura foi dada por concluída em Março de 1895 e o movimento de navios foi crescente desde então, pelo que se avançou para a transformação do que era um porto de abrigo para um porto comercial de grande envergadura.

III.3.5.3 – PORTO DE ABRIGO *VERSUS* MEGA-ESTRUTURA PORTUÁRIA

A construção do porto de Leixões, com as suas infra-estruturas de base, incluindo acessos rodoviários e ferroviários e instalação de serviços, alterou marcadamente a paisagem e os costumes das populações da região.

Durante o período de construção, o porto sofreu diversos danos, nomeadamente em 1887, 1888, 1892, 1896, 1897 e 1899, causados, basicamente, pela ocorrência de temporais violentos (MARÇAL, 1965; CLETO, 1998).

Não obstante as dificuldades impostas pelas intempéries, em 9 de Novembro de 1886, longe da data prevista de entrega da obra, atracava em Leixões o primeiro vapor. E até ao final da empreitada, em 16 de Fevereiro de 1895, entraram 2308 navios e embarcaram 30275 passageiros (CLETO, 1998).

A ideia do porto artificial de Leixões como porto de abrigo foi abandonada ainda a obra não terminara, já que Leixões era cada vez mais procurado como porto comercial, em detrimento do porto do Douro. Efectivamente, em 1893 registou-se em Leixões a entrada de 409 navios, número elevado para 665 em 1903, 876 em 1913[69] até que, em 1926, o porto do Douro não movimentava mais do que apenas 22% do tráfego portuário total (ap. CLETO, 1998).

---

[69] In «Porto de Leixões: um Porto na História de Matosinhos». *Matosinhos*, Revista Municipal, nº5, Janeiro/Fevereiro de 1994.

À procura crescente do porto de Leixões em detrimento da barra do Douro contrapôs-se a necessidade de alargamento daquela estrutura portuária, embora apenas em 1912 tenha surgido uma proposta visando a transformação do porto de abrigo – o projecto do engenheiro **Henrique Carvalho de Assunção** (CLETO, 1998). Só em 1914, contudo, foi dado o início aos trabalhos destinados à construção de um cais acostável, no molhe sul, para permitir a atracagem de navios até 23 pés de calado.

Dados os contextos sócio-económico e político da época, esta obra sofreu atrasos e interrupções várias, sendo concluída apenas em 1931 (CLETO, 1998). As fases seguintes de desenvolvimento do porto foram caracterizadas pelo seu alargamento, não em direcção ao mar, mas sim na do estuário do rio Leça[70] (Figura III.17).

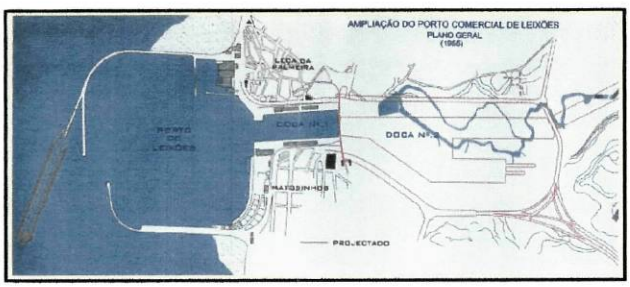


Figura III.17 – Projecto de ampliação do porto comercial de Leixões, em meados do século. In CRUZ, 1998.

A Doca nº 1, iniciada em 1931, foi inaugurada em 1940. Neste período procedeu-se, igualmente, ao início da construção do extenso quebra-mar que viria a ser alteado, mais tarde, na década de 60.

Foi construída, entre 1956 e meados da década de 70, a Doca nº 2, com todos os acessos e, nos finais dos anos 60, surge o terminal para petroleiros.

Entre 1965 e 1968 foi edificado o porto de pescado e, de 1974 a 1979, erigiu-se um terminal para porta-contentores. Surge, entre 1974 e 1983, a Doca nº4 (um cais na margem direita) e, na década de 90, colmata-se com um segundo terminal para contentores (Doca nº3), bem como com uma marina para embarcações desportivas e de recreio (Figura III. 17).

O século XX foi, então, palco de grandes transformações no porto que nunca se limitou a abrigar, na medida em que a barra do Douro exibia perigos adversos ao sucesso das trocas comerciais.

De facto, na década de 30 o Douro ainda mantinha actividade significativa.[71] Mas o desvio comercial[72] para Leixões mais se incrementou em consequência da construção de

---

[70] Esta ideia já fora equacionada, em 1893, por João Tomaz da Costa e João José Pereira Dinis, ou em 1907, num projecto de Adolpho Loureiro e Santos Viegas (CLETO, 1998).

[71] Bem patente no filme «*Douro, Faina Fluvial*», de Manoel de Oliveira, em 1931.

barragens a partir dos anos 40.[73] Aprisionando água e sedimentos, elas parecem contribuir para a diminuição da capacidade de dragagem fluvial natural,[74] assoreando a barra e o Cabedelo (CLETO, 1998).

As décadas de 50 e 60 foram derradeiras para o comércio no Douro. A movimentação de tonelagem métrica de mercadorias tornou-se inexpressiva (APDL, 1979) e, no início da década de 70, no cais da Estiva não se registou qualquer movimento, sendo este diminuto no cais de Gaia. Em 1976, o tráfego portuário, no Douro, não terá ultrapassado os 2% do conjunto Douro/Leixões (CLETO, 1998). Num relatório da APDL (1979, p.66), refere-se que «os resultados de exploração do porto do Douro continuam a ser negativos» e, relativamente ao cais de Gaia,[75] menciona-se que «o movimento de mercadorias neste cais é insignificante» (in APDL, 1979, p.67). Concomitantemente, o porto de Leixões sofria melhoramentos, suplantando definitivamente o Douro pela procura de um porto estável e seguro.

O sonho de um Douro navegável e transponível prevaleceu ao longo dos tempos. Efectivamente, os últimos séculos foram pautados por numerosas tentativas de melhoramento das condições de acesso à barra fluvial do Douro, materializadas por sucessivos projectos,[76] pese embora o facto de, na sua grande maioria, não terem passado de meras propostas.

A partir da última década do século transacto, o rio Douro tornou-se navegável em todo o seu curso até Espanha,[77] exaltando o desejo de ver a sua barra mais facilmente transponível. Nos finais do século XX e inícios do século XXI são desenvolvidas obras que visam melhorar o acesso fluvial pela barra.[78]

Como que se tratasse de uma inversão de papéis o Douro surge-nos, um século depois, como complemento ao porto de Leixões.

---

[72] O declínio do tráfego fluvial é lento. De 1800 a 2000 barcos por ano até à Primeira Grande Guerra, para 800 a 1000 entre as duas guerras, 700 a 800 até 1974 e 250 após 1976. Desaparece, nesta altura, o tráfego comercial no cais da Estiva, tirando sentido à existência da Alfândega do Porto (PEREIRA e BARROS, 2001)

[73] As consequências para a barra do Douro advindas de barragens foram já analisadas nos capítulos I.5.2 e I.5.3.

[74] Ver capítulos I.5.2 e I.5.3.

[75] O cais de Gaia iniciou as suas funções no início da década de 60, sendo desactivado nos primeiros anos da década seguinte, dadas as dificuldades de acesso, quer fluvial, quer rodoviárias. Em 1987, a APDL estabeleceu um acordo com a Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia, cedendo aquele espaço para actividades de índole cultural e recreativa. Na década de 90 esses objectivos foram ampliados, na tentativa de aproximar a cidade e o rio às zonas históricas do Porto e Gaia (BORGES, 2000).

[76] Consulte-se o capítulo IV.

[77] Ver o capítulo I.5.3.

[78] Ver o capítulo IV.2.4.

A História de um porto é muitas vezes a história da procura paciente e da invenção das relações mantidas pelos homens com o rio e o mar

APDL, Projecto Atlandouro, 1991

IV

PROJECTOS, ESTUDOS E OBRAS PARA O MELHORAMENTO DA BARRA DO DOURO: do passado à actualidade. Que futuro?

«São seis horas. Reparem: desmaia a tinta azul e oiro da Outra Banda. O pó verde do mar sobe outra vez em neblina. Ouve-se o chapinhar das redes que se lavam e o grasnido das gaivotas assustadas.»

Raul Brandão, *Os Pescadores*

IV - PROJECTOS, ESTUDOS E OBRAS PARA O MELHORAMENTO DA BARRA DO DOURO: do passado à actualidade. Que futuro?

IV.1 – DA NECESSIDADE DE MELHORIA DAS CONDIÇÕES DE ACESSO À BARRA DO DOURO

Terá sido Estrabão[79] o primeiro e único autor do mundo antigo a falar-nos da navegação do Douro (FILGUEIRAS, 1962). Consequentemente, «desde a mais remota antiguidade [...] se reconheceram os inconvenientes da barra do Porto, e se procurou dar-lhes remédio, empregando-se vários meios para bem do comércio e da navegação, quer por providências administrativas, quer por obras» (LOUREIRO, 1909*a*, p.259).

Adolpho LOUREIRO (1909*a*), na sua crónica *Estudos e Obras para Melhoramento do Porto e Barra do Douro na Antiguidade* refere que já era reconhecido, em 1450, o mau estado desta zona. Em 1449, por exemplo, a vereação do Porto queixa-se do facto de muitos barcos, vindos das salinas aveirenses, serem obrigados a deslocar-se para a Galiza, «por a barra ser perigosa»[80] e em cuja entrada «perdiam seus navios muitas vezes»[81].

São incontáveis os autores que referem a periculosidade da barra e a necessidade de implementação de medidas que visem a sua melhoria.

Até aos nossos dias, foram múltiplas as deliberações governamentais e camarárias, tendo em vista possíveis obras de melhoramento do acesso à barra do Douro (PEREIRA e

---

[79] Com Estrabão (63 a.C. – 30 d.C.) afirmou-se o carácter antrópico da geografia. Nascido em Amasia, Ponto (mais tarde, Turquia) escreveu uma grande obra, Geografia, onde descreve sistematicamente as regiões então conhecidas – Europa, Ásia e África – dando especial enfoque à influência do clima sobre o temperamento e o carácter humanos e sobre a organização social e política (in http://www.angelfire.com/ak/rmadjarof/page3.html).

[80] «Vereacoens». Anos de 1401-1449. Porto. CMP. Gabinete de História da Cidade. 1980. p. 412.

[81] Id., ibid.

BARROS, 2001). Do vasto leque de projectos e estudos conhecidos, dos quais tentaremos aqui fazer uma resenha, muito poucos terão sido concretizados e os que foram aplicados parecem não ter surtido, feliz ou infelizmente, os efeitos desejados. Felizmente, pois podemos ainda desfrutar de uma zona que, embora inserida num meio urbano em evolução, se tem mantido mais ou menos inalterada ao longo dos tempos. Infelizmente, apenas no sentido de se poder ter visto reduzido, porventura, o elevado número de vítimas registado no passado.

Os projectos de obras encontrados durante a pesquisa efectuada referem-se a modificações tanto na margem direita (afectando, basicamente, a zona compreendida entre a capela-farol S. Miguel-o-Anjo e a zona onde actualmente se encontra o molhe das Felgueiras), como na margem esquerda (particularmente no Cabedelo, objecto do nosso estudo).

O encontro violento das águas do oceano Atlântico com o caudal do rio traduziu-se, nos últimos milhares de anos, na lenta formação do Cabedelo – enorme restinga arenosa perpendicular ao eixo da embocadura do rio – tornando o acesso à barra cada vez mais difícil (DIONÍSIO, 1994). O Cabedelo constitui uma estrutura que torna a barra muito perigosa, já que «algumas vezes chega a aproximar-se por força da corrente á pedra d'Olinda» (REBELO DA COSTA, 1789, p.195).

A presença de restingas arenosas é frequente em vários rios nacionais,[82] embora na foz do Douro o volume de areias seja muito elevado, constituindo um caso típico de assoreamento da foz de um rio poderoso e um problema exigente de muita reflexão para teóricos e técnicos de diferentes áreas (DIONÍSIO, 1994).

Ao longo dos séculos XV, XVI e XVII são várias as referências à realização de estudos e projectos para a barra do rio. É o século XVIII, contudo, que inicia uma era em que numerosas personalidades tentam contribuir para a segurança da foz do Douro.

Dada a extensão deste tema daremos maior relevo aos trabalhos que se referem ao caso particular do Cabedelo, fazendo apenas uma pequena alusão aos restantes.

[82] Por exemplo, nos rios Minho, Lima, Mondego, Sado e no próprio Tejo.

IV.2 – PROJECTOS, ESTUDOS E OBRAS A DESENVOLVER NA BARRA DO DOURO

IV.2.1 - SÉCULO XVIII – MAIS PROJECTOS QUE OBRAS

Mudando a altura da água em função das marés, esta barra pedregosa, atulhada de areia e muitos detritos acumulados por força da corrente fluvial, constitui um perigo constante. Assim o entende o frade Caetano Boaventura, religioso franciscano, em 1728, quando se oferece a El' Rei D. João V para quebrar as pedras que, na barra do rio Douro, embaraçam a livre entrada e saída de navios (LOUREIRO, 1909*a*; MAIA, 2000). Em 1729, o monarca solicita o levantamento de «uma planta exacta da Barra e rio Douro e [que] indicassem os meios de remediar as dificuldades que então existiam para a navegação»[83] (MARÇAL, 1965, p.5). Apesar dos estudos então desenvolvidos, volvem-se os anos sem a concretização de quaisquer obras de desobstrução da barra.

❖ Em 1775, a **Real Companhia Velha** solicita a El Rei D. José obras na barra do Douro, pois delas depende o desenvolvimento da região[84] (MARÇAL, 1965; MAIA, 2000). Na exposição efectuada ao monarca são apresentadas sugestões «para a desobstrução de um canal que, devido à impetuosidade da corrente, não só lhe daria maior fundo, como também arrastaria as areias do Cabedelo.» (MAIA, 2000, p.172).

❖ No ano de 1779, a referida Companhia assume prejuízos crescentes e é feita uma nova exposição,[85] referindo que «estes consideráveis prejuízos foram devido a não se remediarem pronta e eficazmente, aproveitando-se uns cachopos, ou penedos q'a Natureza constituiu naquele sítio» (in MAIA, 2000, p.173) para construir dois cais salientes (na zona da capela do Anjo e entre as pedras «Sopena» e «Touro»). Na continuação do mesmo texto, apresentado por MARÇAL (1965, p.7), a Real Companhia Velha acrescenta:

---

[83] Encontra-se, no Arquivo Histórico Municipal do Porto, com a referência AHMP – Registo Geral, L°8, fl.217, de 23 de Dezembro, uma carta do secretário de estado, ordenando a execução da Planta do Rio Douro e Barra da Cidade do Porto, aos Engenheiros José Pinto Fernandes e Dionísio de Castro e a indicação das soluções para evitar os danos que experimentavam a entrada e a saída de navios.

[84] Não esqueçamos que o comércio do vinho do Porto dependia do rio; sendo difícil a entrada e a saída de navios pela barra, estes corriam riscos de naufrágio.

[85] Agora, à Rainha D. Maria I que ocupava o trono por morte de D. José.

[Com estas obras] Se consiga o fim de que oprimidas as águas, evacuem do álveo do Rio as areias, e perfundem as mesmas águas a Barra [*sic*]; e com o outro fim de cortarem as areias do Cabedelo, e impedir que os ventos do sul as tornem a arrojar para a mesma Barra, e a impossibilitar o seu uso como se experimenta com grande detrimento da Navegação, e indizível prejuízo do Comércio.

Neste mesmo ano, **José Monteiro Salazar** elabora um projecto onde, entre outras obras, propõe a construção de um paredão de união do Farol da Cantareira aos penedos das «Felgueiras».[86] O projecto de José Monteiro Salazar encontra-se no **APÊNDICE 5-A**. A respectiva planta tem o título «*Mappa da Barra e Rio da Cidade do Porto, com todas as suas Pedras, Bancos d'Areya e palmos que tem o dito rio na baixa-mar*», e está presente no **APÊNDICE 6-C**.

Os objectivos e a descrição deste projecto aparecem na obra do padre Agostinho Rebelo da Costa, publicada dez anos depois, nos seguintes termos:[87]

«Em tempo de Inverno, havendo alguma água do monte e vento Leste, não pode entrar embarcação alguma. Os maiores perigos [...] acontecem [...] se há grandes cheias no rio, ou braveza no mar, ou ventos furiosos, e [...] conforme o estado da barra, porque se estiver alterada com a corrente das areias, será absolutamente impraticável. [...] Se evitaria uma grande parte destes perigos com a construção de um cais que principiasse por baixo da Capela do Anjo, núm.26, e acabasse em linha recta na laje do Touro, núm.11, [...]. Deste modo as águas [...] seguiriam o caminho direito pela Barra fora, desfazendo com o seu peso a ponta do Cabedelo, núm.10, [...]. Há outro meio talvez mais fácil e cómodo para se conseguir o mesmo fim; este consiste em fazer-se um cais, [...], desde a dita capela do Anjo [...] e finalize na pequena barra, que lhe fica defronte chamada vulgarmente de Culhe-Culhe, aonde estão as pedras chamadas de Arribadouros, núm.23.: outro semelhante cais, desde a praia, até à pedra chamada Sopena, núm.12: entulhando-se finalmente com pedra [...] entre o castelo, núm.2, e as pedras chamadas Felgueiras, núm.6. [...] Da parte de S. Paio, que fica ao pé do Cabedelo [...], basta que se forme um cais desde a fonte chamada dos Ingleses, até às pedras que ficam imediatas ao mesmo Cabedelo. A utilidade de qualquer destas duas obras, é muito superior a todas quantas obras públicas se fazem na Cidade [...] pois que certamente estas não poderão subsistir, se por falta de alguma daquelas se fizer invadiável [*sic*] a Barra, que é o Canal de todas as riquezas.

❖ No período de 1788/1789 praticamente não há Inverno. A falta de chuva provoca uma diminuição do caudal do rio, acarretando o aumento do areal do Cabedelo para norte (LOUREIRO, 1903; 1909*b*).

❖ Em 1790, o Engenheiro **Reynaldo Oudinot** exibe um projecto segundo o «*Mappa da Foz do Rio Douro e das obras projectadas para a abertura e para a defesa da Barra por ordem de S. Mag.de*» , onde propõe a construção de um paredão, ligando o Farol S. Miguel-o-Anjo ao rochedo «Touro» e deste até à Fortaleza de S. João da Foz. Este projecto não difere muito do apresentado por José Monteiro Salazar, em 1779 (ver **APÊNDICES 5-B** e **6-D**).

---

[86] Esta proposta, que nunca seria implementada, antecipava, em meio século, a solução do Passeio Alegre.

[87] Os números referidos no texto estão na gravura da Figura III.1 (capítulo III.2) que acompanha a descrição da barra efectuada pelo padre Agostinho Rebelo da Costa, em 1789.

❖ Em 1792, **Reynaldo Oudinot** apresenta novo projecto, não se conhecendo o desenho original, apesar de este ter sido aprovado (BARROCA, 2001). Este autor refere, no entanto, que o projecto não deveria divergir muito daquele que Oudinot remeteu ao monarca, em 1793, cujo original se encontra na Biblioteca Pública Municipal do Porto (ver **APÊNDICE 5-C**). Em 1794 surge ainda mais uma proposta do mesmo engenheiro que, nas suas linhas gerais, segue a de 1793.

IV.2.2 - SÉCULO XIX – MARÉ CHEIA DE PLANOS E ACÇÕES

O início deste século é marcado pela interrupção dos estudos e obras anteriormente desenvolvidas, já que as atenções se voltam para a Guerra Peninsular. Só em 1816 se verifica o recomeço dos trabalhos na barra do Douro.

❖ 1819 - Com a morte de Reynaldo Oudinot, **Luiz Gomes de Carvalho** toma o seu lugar, reconhecendo que os planos existentes, visando a melhoria do estado da barra, são defeituosos, podendo mesmo produzir resultados graves. Este engenheiro averigua se a barra poderá ser melhorada, por que meios e até que ponto é possível actuar (LOUREIRO, 1910*b*).

❖ 1820 – O engenheiro **Luiz Gomes de Carvalho** inicia obras, depositando grandes quantidades de pedra na zona do Cabedelo, contrariando, assim, as ideias de Oudinot. Este projecto pode ser visualizado no **APÊNDICE 5-D**.

❖ 1825-1834 – Neste período, a administração das obras compete à Companhia dos Vinhos do Alto Douro (ACP, 1945). As obras desenvolvidas limitam-se à manutenção do cais da cidade, sendo os trabalhos de melhoramento da barra do Douro postos de parte (LOUREIRO, 1910*c*).

❖ Em 1834, o Governo toma conta do encargo das obras, sendo fundada a Associação Comercial do Porto (ACP, 1945), visando defender os interesses dos comerciantes da cidade, dependentes, necessariamente, de um bom acesso à barra do Douro.

❖ 1838-1840 – É solicitada a presença de um engenheiro hidráulico de Amsterdão, **Andreas Sheerboom**, para inspecção das obras da barra. O projecto deste engenheiro está presente no **APÊNDICE 5-E** e, nas suas linhas gerais, não difere muito do de Luiz Gomes de Carvalho (ACP, 1945).

❖ 1840 – Em 10 de Abril, o engenheiro britânico **J. Gibbs** apresenta o seu projecto final, apenas baseado em informações enviadas do Porto, sem prévia inspecção da localidade. Este projecto, presente no **APÊNDICE 5-F**, propõe a regularização das cheias do Douro, represando as águas em vales secundários e nos seus afluentes, e modificações apenas na margem direita do rio.

O célebre engenheiro **Luiz Mousinho de Albuquerque** pronuncia-se sobre os dois projectos anteriores (LOUREIRO, 1910*e*), concluindo que o mais conveniente seria continuar o projecto de Luiz Gomes de Carvalho, cuja morte se repercutia no atraso das obras, não tendo o dique do sul avançado além das pedras «Caranguejeiras» e estando as restantes obras por começar.

Em Março de 1840 é nomeado Director das Obras Públicas dos Distritos do Porto, Braga e Viana o engenheiro **João Chrysostomo de Abreu e Sousa**, que toma conta das obras da barra, em 16 de Abril do mesmo ano (LOUREIRO, 1910*f*). Este engenheiro entende que as obras devem começar pela margem direita, com um molhe mais avançado que o da margem esquerda.

❖ 1843-1844 – O engenheiro **Bigot** elabora um projecto, apresentado ao Governo por Jacinto Dias Damásio, cujo esquema se encontra no **APÊNDICE 5-G**. Para esta proposta de trabalho são sugeridas alterações por parte do Inspector das Obras, Luiz Mousinho de Albuquerque, representadas a tracejado no respectivo esquema.

Em 18 de Maio de 1844 o projecto é aprovado, iniciando-se as obras. Porém, devido a questões burocráticas e financeiras, virá a proceder-se a novo concurso para execução das mesmas.

❖ 1845 – Em 20 de Janeiro, surge uma proposta para executar as seguintes obras:

1° - «Quebrar e remover os rochedos e escolhos que dentro e fora da barra impediam a navegação, e que tinham sido especificados [...], de modo a que em baixa-mar de águas vivas houvesse n'aqueles pontos 24 palmos de água (5m, 28)»; (LOUREIRO, 1910*g*, p.490).

2° - «Conservar em bom estado as referidas obras pelo espaço de trinta anos» (LOUREIRO, 1910*g*, p.490).

No entanto, o processo foi cancelado, cessando as obras.

❖ 1847 – O Governo ouve uma comissão composta por vários engenheiros, que sugerem a necessidade de proceder ao quebramento de rochas, por causarem grandes embaraços à navegação (LOUREIRO, 1910*h*). Apesar das várias sugestões para tentar modificar as condições da foz do rio Douro, em meados do século XIX poucas tinham sido concretizadas, obedecendo aos projectos propostos.

Um relatório de 1849 refere que, na barra do Douro, «não podem entrar senão embarcações que demandem menos de 24 palmos d'água e só nas marés cheias e com vento favorável» (ap. BARROCA, 2001, p.84).

❖ 1852 – Após o naufrágio do vapor «*PORTO*», em 29 de Março (ver **APÊNDICE 2**), o Governo nomeia nova comissão, constituída pelos engenheiros **Belchior Garcez**, **Sebastião Calheiro** e **Plácido de Abreu**, para proporem o que julguem conveniente fazer na Barra do rio Douro. Dos seus estudos resulta um plano que tem por base principal a regularização da margem direita do Douro (LOUREIRO, 1903; MARÇAL, 1965). Também a Associação Comercial do Porto solicita ao Governo, nesta data, a aplicação integral de um imposto especial, arrecadado pela Alfândega, para as obras da barra (ACP, 1945).

❖ 1854 – Neste ano, o rio encontra-se assoreado, pondo em risco diversos navios dentro do porto, pelo que a Associação Comercial do Porto solicita, ao Governo, a dragagem do leito do rio (ACP, 1945). Em 3 de Julho, o engenheiro **Gayffin** traça um plano para a construção de um cais a jusante da Cantareira, até aos penedos das «Felgueiras». Esta sugestão não é mais do que a conclusão do molhe de Oudinot, também conhecido por molhe das Felgueiras.

❖ 1855 – O engenheiro inglês **William Jates Freebody** envia, em 7 de Fevereiro, um relatório e um projecto que pode ser analisado no **APÊNDICE 5-H**.

Neste mesmo ano, o engenheiro hidráulico Sir **John Rennie** emite um parecer desfavorável relativamente ao projecto de Freebody. Tendo vindo à cidade do Porto, em Julho, examinar a foz do Douro, apresenta um relatório sobre o possível melhoramento da barra (ver **APÊNDICE 5-I**), no qual refere também a posição dos rochedos «Leixões» e a possibilidade de construir, nesse local, um porto de abrigo artificial.

O Conselho das Obras Públicas e Minas é de opinião que devem ser quebradas, até à cota de 5,25 metros abaixo das marés comuns, os penedos «Arribadouros«, «Ferro», «Olinda», «João Boi», «Touro» e «Bornaceira» e reconhece a importância do molhe das Felgueiras, o qual impede o contínuo avanço do Cabedelo. A execução do molhe do sul deve, no entanto, ser adiada, podendo proceder-se a dragagens para aprofundamento da barra.

❖ 1858 – O engenheiro **Knox** esboça um projecto que consiste em alterar o leito da corrente, fazendo-o passar pela base do Cabedelo. Entrar-se-ia na barra por um canal dotado de uma comporta, formando um porto de abrigo. Mais uma vez, contudo, o

Conselho das Obras Públicas considera mais conveniente aguardar pelos resultados do quebramento das rochas.

Ainda neste ano, o engenheiro **Freebody** apresenta um projecto para a construção do porto artificial de Leixões (ver capítulo III.3.5).

❖ 1859 – O Inspector de Obras Públicas, **José Carlos Conrado de Chelmiki**, propõe o aproveitamento do dique do sul, ou de Luiz Gomes de Carvalho, que depois de levantado convenientemente, formaria uma grande doca de marés, com comportas na zona das pedras «Caranguejeiras». Esta situação permitiria efectuar descargas no rio, correspondentes ao volume de águas represadas.[88]

Opinião contrária tem o engenheiro **Joaquim Nunes de Aguiar**, na altura em que deixa o cargo de director das obras do porto e barra do Douro, defendendo a demolição das obras de encanamento na margem esquerda, para facilitar a entrada das marés e dificultar a decomposição e subdivisão das correntes.

❖ 1859-1867 – Neste período são desenvolvidos diversos estudos hidrográficos na barra do Douro. Por volta de 1862, o engenheiro hidrógrafo **Caetano Maria Batalha** vê facilitada a entrada no porto através do quebramento, até 6 metros de profundidade, das rochas «Picamilho de Fora», «Picamilho de Dentro» e «Bezerra de Fora», e até 4,5 metros as lajes «Abra», «Picão», «Aguião», «João Boi», «Cruz de Ferro», «Bornaceiras», «Maranhão», «Bugio» e «Pedro do Meio», entre outras.

❖ 1863 – **H. Lazeu** oferece um projecto à Câmara Municipal do Porto que, à semelhança de muitos dos anteriores, não teve qualquer seguimento.

Para Lazeu, os aluviões transportados pelo rio durante as cheias e que as vagas de oeste impedem de sair para o largo são os responsáveis pela formação da barra e a única forma de melhorar esta zona é mudar a orientação das correntes fluviais, através da construção de dois diques em curva, partindo um da ponta do Cabedelo até ficar paralelo à margem direita do rio e, o outro, de S. João da Foz até aos penedos «Felgueiras» (LOUREIRO, 1910*i*; 1903; MARÇAL, 1965).

Lazeu elabora, igualmente, um plano para a edificação de um porto na zona do Cabedelo, no qual inclui uma ponte de ligação entre S. João da Foz e a margem esquerda (**APÊNDICE 5-J**).

❖ 1864 – O problema do assoreamento continua sem solução, insistindo a Associação Comercial do Porto na necessidade de dragagem do rio (ACP, 1945).

---

[88] Calculado em 2800000 m^3 (LOUREIRO, 1903).

❖ 1865 – Também o engenheiro **Robert Messer** propõe a construção de dois molhes para regularização das correntes do Douro, sendo um na margem esquerda, sobre os enrocamentos do dique de Luiz Gomes de Carvalho, avançando em curva para o mar e inclinando-se para sul; o outro, na margem direita, desde a Arrábida, cortando a Cantareira e contornando o castelo de S. João da Foz, onde formaria um quebra-mar (para dissipar a força das ondas de NW).

Proceder-se-ia, ainda, ao quebramento da rocha da «Cruz de Ferro» e à construção de docas no lado sul, um cais a norte e ainda um farol (LOUREIRO, 1910*i*).

❖ 1866 – O engenheiro **Manuel Afonso de Espregueira**, após estudos efectuados na zona da foz do rio Douro, apresenta um projecto arrojado,[89] que pode ser analisado no **APÊNDICE 5-K**.

Submetido este projecto à informação do Inspector Plácido de Abreu, é, para este, digno de ser aprovado (tal como para o Conselho das Obras Públicas), com excepção da construção do molhe-sul. Vários especialistas são, no entanto, de opinião que o melhor é voltar as atenções para Leixões.

❖ 1867 – A Associação Comercial do Porto solicita ao Governo, mais uma vez, a execução de obras na barra e dragagens no Douro (ACP, 1945).

❖ 1869 – Em 19 de Junho, outro engenheiro – **Tiberio Augusto Blanc** – remete ao Governo uma memória na qual, ao afirmar conhecer melhor a topografia do porto e da barra do Douro, tira as seguintes conclusões:

> 1° - O traçado dos molhes a norte e a sul da barra devem ter o mesmo avanço, para evitar decaimentos para um, ou outro lado;
> 2° - O molhe sul é a obra mais importante da margem esquerda;
> 3° - Para facilitar a entrada e saída de navios na barra e aumentar a sua segurança, deve ser construída a doca de Massarelos;
> 4° - O molhe do norte não poderá ser interrompido;
> 5° - O leito do rio terá que ser limpo e retirar-se a Cruz de Ferro ou, então, colocar nela um farolim.

Segundo esta nova proposta, a Junta de Obras Públicas limita-se a dizer que não deve discutir o que já fora discutido inúmeras vezes e que o importante será avançar com o molhe do norte, entre as cercanias do escolho «Galeota» e das pedras «Felgueiras» (LOUREIRO, 1903, 1910*j*).

Entre 1869 e 1892 desenrola-se uma nova época para as obras da foz do Douro, sob a direcção do distinto engenheiro **Afonso Joaquim Nogueira Soares**. Neste período realizam-se obras de grande envergadura, que terão surtido alguns efeitos positivos na navegabilidade da barra.

---

[89] ver pormenores em ESPREGUEIRA, 1874.

❖ 1874 – No dia 1 de Setembro, **José Carlos Conrado Chelmiki** pede a concessão das obras para melhoramento da barra do Douro, nomeadamente através da construção, na margem esquerda, de um paredão desde a foz do rio até à Afurada.

Desconhecendo-se as consequências desta construção para a navegabilidade, tal concessão não foi atribuída.

❖ 1875 - **Francisco Xavier Pacheco** pede concessão para a construção de uma doca a oeste da Alfândega, à qual ligaria um canal iniciado em Leixões.

❖ 1877 – **Walter Frederick Walker** requer a concessão para a construção de duas *jetées* convergentes muito avançadas para o mar, dragando o canal formado entre elas e quebrando os penedos que impedem a transposição da barra. A equipa deste holandês dispõe de equipamentos específicos, e os estudos apresentados argumentam que este projecto é mais barato e eficaz relativamente ao porto de Leixões, orçamentado por Freebody, Rennie e Espregueira.

❖ 1878 – 1879 - Surge o projecto denominado «*Lavadores*», apresentado por **Eduardo Moser**, que prevê «a construção de um porto artificial [...] (5 Kms a sudoeste do Porto)» (MARNAY, C., 1879, p.6). Esta proposta de trabalho tem por objectivo evitar o desvio do movimento comercial do Douro para outro local, ocupando a zona de Lavadores, como pode ser visualizado no **APÊNDICE 5-L**. O projecto de Lavadores sofre alterações em Abril de 1880, como consta no mesmo Apêndice.

❖ 1879 – **Carlos Marnay**, inconformado com a hipótese de construção de um porto artificial fora da barra do Douro apresenta, em meados de Abril, dois projectos que «oferecendo, em condições muito mais favoráveis, os resultados que prometem os projectos de Leixões e de Lavadores, são de uma execução mais simples e mais económica» (MARNAY, 1879, p.10). Esses projectos podem ser analisados no **APÊNDICE 5-M**.

Por esta mesma altura, surge um trabalho conhecido por «*Projecto de Um Engenheiro Civil Português*» que, modestamente, quis ocultar o seu nome, desejo que aqui respeitamos. Este projecto para melhoramento da barra do Douro encontra-se no **APÊNDICE 5-N**, consistindo em três secções: um ante-porto, um novo álveo e uma bacia de ancoragem.

❖ 1880 – Em Março, os engenheiros **Silvério Augusto Pereira da Silva** e **Adolpho Ferreira de Loureiro**, a propósito dos projectos de melhoramento da barra do Douro, bem como da construção do porto de Leixões, apresentam algumas conclusões que importa referir:

a) Sendo o porto de Leixões um complemento do Douro, as obras na foz do rio não devem ser interrompidas;
b) Sobre a barra do Douro, esta comissão considera importantes as obras das duas margens, relevando, contudo, as da margem esquerda;
c) Propõem uma rectificação da margem direita do rio Douro, pois as obras efectuadas parecem ter sido desenvolvidas mais pela facilidade de execução do que pela regularização efectiva das águas fluviais. Mostram-se, ainda, contra o pontal da Cantareira;
d) Relativamente à margem esquerda, sublinham a necessidade de concluir o molhe de Luiz Gomes de Carvalho e acrescentar-lhe uma *jetée* para jusante, com curvatura paralela à da margem a norte, mas menos saliente do que ela.
e) No que respeita às dragagens do Cabedelo, concluem que estas não evitam a reimplantação da restinga se não foram efectuadas regularmente, operação que implica elevados custos.
f) O porto de Leixões é uma solução necessária, visto as obras da barra do Douro não permitirem uma melhoria efectiva na qualidade da navegação.

O engenheiro **Afonso Joaquim Nogueira Soares** discorda dos seus colegas, insistindo na necessidade de quebrar rochedos submersos, no prolongamento do molhe da zona de Felgueiras e numa construção faseada do molhe do Cabedelo, segundo o projecto de Espregueira, para que se possa analisar os seus efeitos.

Relativamente ao molhe de Luiz Gomes de Carvalho, sublinha que ele não deve ser prolongado para a Afurada nem ligado com o molhe de jusante, pelo menos até que a *jetée* do sul indique a conveniência desse prolongamento. Sobre as dragagens, defende que devem ser ensaiadas em diversos pontos da foz do rio (LOUREIRO, 1903).

Em Maio deste mesmo ano, o engenheiro **Russel Aitkens** apresenta um plano de obras, visando uma melhor acessibilidade ao rio Douro, que consta do **APÊNDICE 5-O**.

❖ 1881 – O **APÊNDICE 5-P** resume o projecto final de **Nogueira Soares**, apresentado durante o mês de Setembro.

Neste mesmo ano, Sir **John Coode** desloca-se a Portugal para examinar a barra do Porto e apresentar um relatório sobre o seu possível melhoramento. O seu projecto consiste na canalização do rio através de diques paralelos, podendo ser consultado no **APÊNDICE 5-Q**. Sobre este projecto, o engenheiro Nogueira Soares opina que, apesar de o canal melhorar a direcção das correntes sobre o Cabedelo, ele não é suficiente para evitar o avanço, para norte, daquela estrutura arenosa, principalmente em anos sem cheias, com o consequente predomínio da acção marítima sobre as correntes fluviais (LOUREIRO, 1903).

Relativamente ao molhe da margem esquerda, este deve, na parte a jusante, desviar-se mais para sul, embora contando que pudesse impedir ou retardar a deslocação das areias na direcção da embocadura pela acção marítima de sudoeste.

❖ 1886 – Neste ano, é colocado, no molhe das Felgueiras, o farolim proposto por Oudinot, que ainda hoje exerce a sua actividade. Em Setembro, chega ao Porto a draga

para limpeza do rio que a Associação Comercial do Porto tanto havia proclamado (ACP, 1945).

❖ 1890 – Com as divergências entre os projectos de Espregueira (de 1866), Nogueira Soares (de 1881) e de Coode (em 1881), o engenheiro **Eduardo Augusto Falcão** fica encarregue do projecto definitivo das obras. Este especialista, recorrendo às hidrografias existentes e às suas próprias observações, estabelece alguns princípios relativos às correntes do rio e à mobilidade do Cabedelo em função das cheias, das marés e dos ventos, apresentando um projecto que pode visualizar-se no **APÊNDICE 5-R**.

❖ 1891 – O Decreto de 29 de Outubro cria uma Junta Administrativa das Obras da Barra do Douro (LOUREIRO, 1903; ACP, 1945).

❖ 1894-1899 – O Sr. **Artur Carlos Machado Guimarães**, engenheiro da Junta supracitada apresenta, em Outubro de 1894, um anteprojecto, sendo o projecto definitivo remetido ao Governo, em Julho de 1899. Dele constam os inconvenientes do porto e da barra do rio Douro, entre eles:

a) Banco e barra exterior alteráveis com o vento e as marés;
b) Canal tortuoso e variável em função da disposição do Cabedelo;
c) Presença de rochas perigosas como, por exemplo, «Aguião», «Picão» e «Ouro»;
d) Assoreamentos e cheias frequentes.

Tendo em conta que os ventos, as vagas e as cheias são fenómenos naturais não controláveis pelo Homem, Artur Guimarães entendeu que o projecto deve limitar-se à construção de molhes e diques (semelhantes aos propostos por Nogueira Soares, em 1881), que equilibrem a barra através da regularização da corrente e da extracção de rochas e dragagem de areias.

O seu primeiro projecto efectivo, datado de Maio de 1899, tem em conta diversos pareceres e opiniões, visando ultrapassar os inconvenientes da barra do Douro já referidos, e inclui o corte de rochas, bem como a regularização da corrente.

IV.2.3 - SÉCULO XX – DRAGAGEM E POUCO MAIS

O plano de obras de Artur Guimarães veio a sofrer, no entanto, alguns ajustes, em harmonia com as indicações do Conselho Técnico das Obras Públicas.

❖ 1903 – É neste ano que surge um projecto definitivo, sendo possível analisá-lo no **APÊNDICE 5-S**. Mais uma vez, um projecto é elogiado, conquanto sujeito a restrições, o que acaba por dificultar o desenvolvimento das obras propostas.

O engenheiro João José Pereira Dias, então chefe dos Serviços Fluviais e Marítimos, considera este plano merecedor de aprovação, mas que não passa de um ante-projecto, julgando não estarem reunidos elementos para assegurar que a obra surta os efeitos pretendidos. Com menos entusiasmo do que o autor do projecto considera que, sem abandonar a barra do Douro, se devem fazer convergir para Leixões todos os meios disponíveis, desenvolvendo as obras que, essas sim, julga verdadeiramente complementares ao porto do Douro.

❖ Até 1910 – Continuação da realização das obras da embocadura do Douro até à configuração evidenciada actualmente (IHRH, 1989).

O século XX é bem mais ameno no que respeita a propostas para melhoramento do acesso à barra do Douro. Neste período, são diversos os contextos sócio-económicos e políticos vividos, bem como se apresenta complexa a conjuntura internacional, nomeadamente no decurso de diferentes confrontos, responsáveis pelo desvio de atenções e investimentos.

Também a pressão urbanística, a dificuldade de acesso, a ocorrência de cheias e o facto de o porto de Leixões se ter apoderado, progressivamente, do monopólio comercial, conduzem ao declínio dos portos do Douro, como é o caso dos cais da Estiva e de Gaia.

É no decorrer do século XX que se procede ao aproveitamento hidroeléctrico do Douro,[90] com consequentes modificações do regime de caudais fluviais. Mas é também neste período que se concretiza a navegabilidade do rio até Espanha. Após uma sucessão de décadas de estagnação, o acesso à barra do Douro volta a ter projecção nos últimos anos do século XX.

As hipóteses de a navegabilidade do Douro, em termos fluviais e flúvio-marítimos, possibilitar o desenvolvimento das potencialidades das regiões interiores e de o Douro se tornar um complemento de Leixões vêm impulsionar, em meados dos anos 70, a tentativa de resolução do problema da transposição da barra. No entanto, à semelhança do verificado em épocas anteriores, em consequência das várias propostas apresentadas pouco ou nada se fez na barra do Douro, arrastando-se a decisão para os inícios do século XXI.

❖ 1975 – Surge, neste ano, uma primeira contribuição, por parte da **Hidrotécnica Portuguesa**, visando melhorar a acessibilidade à barra do Douro. Um esquema do projecto encontra-se no **APÊNDICE 5-T**. A Hidrotécnica Portuguesa tenta

[90] ver capítulo I.5.2.

demonstrar, com esta proposta, as potencialidades da zona terminal do estuário como zona de expansão portuária, mas alerta para a hipótese de a proposta se tornar inviável, já que a «posição do firme rochoso nessa zona» (ap. IHRH, 1989, p.9) era desconhecida. Só nos anos 80 ficam disponíveis alguns dados de levantamentos, embora permaneça incompleta a caracterização das isóbatas de rocha (IHRH, 1989).

❖ 1982-1987 – Na sequência de propostas preliminares elaboradas pela Hidrotécnica Portuguesa (IHRH, 1989), a **APDL** sugere a possibilidade de utilização da bacia de S. Paio (a jusante da povoação Afurada, na margem esquerda do rio) como porto comercial marítimo e flúvio-marítimo (ver **APÊNDICE 5-U**). As obras de correcção relativas ao canal fluvial seriam idênticas às propostas pela Hidrotécnica Portuguesa, em 1975.

Esta proposta é objecto de um estudo hidromorfológico encomendado à Hydronamic-Port and Waterway Engineers (Holanda) que, no relatório final, apresentado em Março de 1987, propõe algumas alterações salientadas no mesmo Apêndice (5-U).

O processo decisório em relação a intervenções de fundo estaria programado para meados ou finais da década de noventa (IHRH, 1989).

❖ 1988 – Mesmo considerando a ideia de que um aproveitamento portuário na bacia de S. Paio possa não ser implementado, a APDL defende que as intervenções na região deverão ser ponderadas para não comprometer uma futura utilização mais abrangente (IHRH, 1989). Surge, nesta data, um estudo visando a melhoria das infra-estruturas de apoio às actividades de pesca profissional na comunidade piscatória da Afurada, compatibilizando-a com a implantação de uma marina na bacia de S. Paio.

A APDL, enquanto entidade responsável pela jurisdição da bacia de S. Paio e da marginal junto da Afurada[91], define uma linha limite para possíveis intervenções nesta área.

❖ 1989-1991 – Procede-se a operações de dragagem no estuário e barra do Douro para abertura e manutenção de um canal navegável. As areias retiradas são utilizadas para a construção civil (IHRH, 1989).

Em 1990, durante um temporal, cerca de cinquenta metros do muro da «Meia-Laranja» são derrubados pelo mar que destrói, igualmente, o arruamento, provocando elevados prejuízos (BORGES, 2000). Nesta altura inicia-se a construção de uma protecção

[91] De acordo com os Decretos-Leis 36977 de 1948, de 20 de Julho e 477/72, de 27 de Novembro.

à marginal de Sobreiras e constrói-se um prisma de enrocamento, com cerca de 200 metros, para protecção das investidas do mar.

Em 1991, a APDL avança com o prolongamento deste prisma por mais 400 metros.

❖ 1993-1996 – Neste período desenvolve-se o projecto «*Melhoria das Acessibilidades e das Condições de Segurança na Barra do Douro*», da responsabilidade de uma equipa pluridisciplinar, por iniciativa da APDL, envolvendo diversas instituições.[92]

Este estudo contempla a caracterização dos regimes hidráulico e sedimentar do rio Douro, a hidrodinâmica costeira e a avaliação da situação ambiental, tendo em conta um anteprojecto envolvendo um canal de acesso estável e seguro para a barra do Douro (BROGUEIRA DIAS, 1997).

No culminar deste período surge um novo projecto (ver **APÊNDICE 5-V**.1), julgado imprescindível para a segurança do estuário do Douro. Segundo esta nova proposta, as margens ribeirinhas serão protegidas, constituindo-se um canal que permita a navegabilidade de todos os tipos de embarcações e, simultaneamente, minorados os efeitos negativos das dragagens até então efectuadas. Estas limitar-se-iam à manutenção do canal navegável, tal como consta na Figura V.2 do mesmo Apêndice, sendo as areias retiradas, utilizadas para alimentação do cordão litoral a sul da barra do Douro, tendo qualidade, ou, caso contrário, depositadas, juntamente com outros materiais não aproveitáveis, a partir da batimetria (-30,00 m) Z.H..

Segundo o estudo de impacto ambiental deste projecto (APDL, 1996), a implantação de uma obra com esta envergadura acarreta menos impactos negativos do que positivos, tornando-se vantajosa face à "opção zero".[93]

Figura IV.1 –Perspectivas antes e depois do arranjo urbanístico da zona de Sobreiras, na margem direita da foz do Douro (BORGES, 2000, p.3).

[92] O LNEC (estudos de hidráulica e execução de ensaios em modelo físico das obras a executar); o IST (através do Centro de Estudos de Hidrossistemas); a HIDROMOD (modelação matemática); a IMPACTE (estudos de impacte ambiental); O IHRH (assessoria); a CONSULMAR (firma projectista); o IH (recolha de dados de campo complementares na barra do Douro: localização do substrato rochoso por reflexão sísmica e caracterização do campo de velocidades das correntes, da granulometria do leito do rio, do transporte de caudal sólido e ainda da propagação da maré (BROGUEIRA DIAS; 1997).

[93] Opção correspondente à não realização da obra, ou seja, à «evolução da situação sem a realização do projecto» (ap. APDL, 1996, p.12).

❖ 1997-1999 – A APDL lança um concurso de empreitada para a «*Protecção Marginal e Arranjo de Cantareira/Sobreiras*». As obras iniciam em finais de 1997, e terminam em Setembro de 1999. São construídos o muro e o terrapleno referidos anteriormente, bem como infra-estruturas diversas e efectuado o arranjo urbanístico da zona (ver Figura IV.1).

Em finais de 1999 são apresentados, no âmbito das obras destinadas à melhoria da acessibilidade e das condições de segurança na barra, estudos comparativos da possível evolução da foz do Douro, tendo em conta três situações alternativas a uma situação de referência - ausência completa de intervenção (PEIXEIRO e SILVA, 1999). Os esquemas respectivos encontram-se na Figura IV.2.

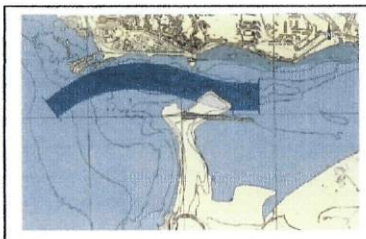
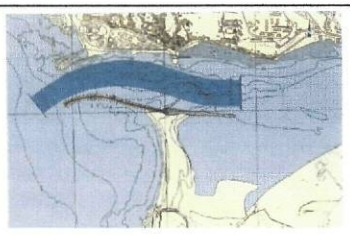
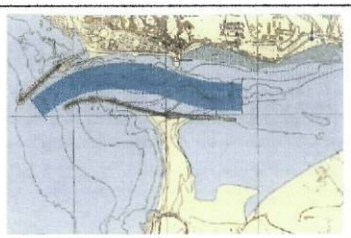
		
Alternativa 1 Sem obras fixas de protecção, recorrendo apenas à dragagem do canal de acesso, a (-5,00 m) Z.H.	**Alternativa 2** Construção de um molhe na margem esquerda, capaz de interceptar a circulação de sedimentos que atingem a embocadura.	**Alternativa 3** Construção de um molhe adicional, a norte, de menor comprimento, acompanhada de dragagem do canal de acesso.

Figura IV.2 – Alternativas de construção no âmbito das obras destinadas à melhoria da acessibilidade e das condições de segurança na barra do Douro (PEIXEIRO e SILVA, 1999).

Para estas três alternativas são avaliadas possíveis alterações, nomeadamente:

- das condições de agitação na zona do canal de acesso;
- dos regimes hidrodinâmico, aluvionar e de escoamento de grandes cheias.

De acordo com os estudos apresentados, a terceira alternativa parece ser aquela que confere à barra do Douro melhorias mais acentuadas nas condições de segurança e acessibilidade.

Nos derradeiros anos do século XX são vários os projectos que propõem dois molhes na barra do Douro, um na margem direita, no prolongamento do molhe do Touro, e outro na margem esquerda, no Cabedelo. É neste segundo molhe que residem as maiores diferenças nas várias propostas apresentadas, como é possível verificar nos dois exemplos do **APÊNDICE 5-X**.

❖ 2000 – É por esta altura que surge a proposta que se aproxima mais da definitiva. O projecto pretende obedecer aos objectivos centrais traçados pelo IND (IND, 2000), que são:

- Estabilizar as margens estuarinas, nomeadamente na zona do Cabedelo e das margens ribeirinhas junto à foz;
- Melhorar as condições de navegabilidade e segurança para embarcações compatíveis com a utilização das eclusas do Douro;
- Preservar os valores ambientais, com especial ênfase nas salvaguarda dos valores paisagísticos e estéticos.

O projecto resultante, presente no **APÊNDICE 5-Z** (Figura Z.1) inclui obras na margem direita e na margem esquerda da embocadura do Douro. A norte, um prolongamento do molhe já existente, visando assegurar a acessibilidade marítima, limitando, igualmente, os níveis de agitação de noroeste na zona marginal. Esta estrutura apresenta uma vertente adicional no que respeita à interligação com a sociedade, já que pretende constituir também uma zona lúdica, com jogos e aventuras com o mar.

IV.2.4 - SÉCULO XXI - PROJECTOS, ESTUDOS E OBRAS

Para o início do século XXI prevê-se a execução de um reforço das obras desenvolvidas na marginal entre Cantareira e Sobreiras através de enrocamentos, uma vez que este troço marginal se encontra actualmente sob influência da agitação marítima, dado o recuo do Cabedelo (BORGES, 2000). Prevê-se, igualmente, a implantação das obras projectadas ao longo dos últimos anos, de grande envergadura, visando o melhoramento da acessibilidade e da segurança na barra do Douro.

O futuro da barra do Douro adivinha-se complexo, já que uma intervenção efectiva na foz do rio não deixa de ser polémica. Se, por um lado, a APDL tenta mostrar a importância da realização de obras envolvendo modificações nas duas margens do rio, para, entre outros objectivos, estabilizar o Cabedelo, evitando o seu contínuo avanço para montante e mantendo um canal para a navegação, por outro parece claro que o Cabedelo é dotado de alguma capacidade de recuperação (ver dados de campo obtidos no âmbito desta dissertação, no capítulo IX.3.3).

Tem vindo a verificar-se, no entanto, e à semelhança dos séculos anteriores, o adiamento da execução das obras.

BALADA DO RIO DOURO

Que diz além, além entre montanhas
O Rio Douro à tarde quando passa?
Não há canções mais fundas, mais estranhas
Que as deste rio estreito, de água baça!
Que diz ao vê-lo o rosto da cidade?
Ó ruas torturadas e compridas!
Que diz ao vê-lo o rosto da cidade
Onde as veias são ruas com mil vidas?
Em seus olhos de pedra tão escuros,
Que diz ao vê-lo a Sé, quase sombria?
E a tão negra muralha à luz do dia?
E as ameias partidas sobre os muros?
Vergam-se os arcos gastos da Ribeira...
Que triste e rouca a voz dos mercadores!
Chegam barcos exaustos da fronteira,
De velas velhas e multicolores
Sinos, caixões, mendigos, regimentos
Mancham de luto o vulto da cidade.
Que diz o rio, além? Porque não há-de
Trazer ao burgo novos pensamentos?
Que diz o rio além? Ávido, um grito
Surge por trás das aparências calmas...
E o rio passa, torturado, torturante, aflito
Sulcando, sempre, o seu perfil nas almas!

Pedro Homem de Melo

CARTOGRAFIA HISTÓRICA DA REGIÃO DA FOZ DO DOURO

«Vai cair a tarde. O azul desmaia sobre o areal doirado. Mais pó esbranquiçado lá ao fundo para o norte – névoa ou luz que nasce, não sei bem»

Raul Brandão, *Os Pescadores*

V - CARTOGRAFIA HISTÓRICA DA REGIÃO DA FOZ DO DOURO

V.1 - DA CARTOGRAFIA NA HISTÓRIA

Outrora, a cartografia constituía, basicamente, a representação simbólica tanto de áreas conhecidas do Planeta, como de zonas imaginadas. Através dos documentos resultantes, o Homem visava o conhecimento, a apropriação e a defesa do território (DIAS, M.H., 1995).

A palavra *cartografia* significa «arte de compôr cartas geográficas» (CORTESÃO, 1935, p.1) e «tem por objectivo registar, em cartas planas ou esféricas, o conhecimento que o Homem tem da sua superfície [da Terra]» (CORTESÃO, 1935, p.xxix). Segundo este mesmo autor, se, por um lado, a palavra é relativamente recente, por outro, a arte a que se refere vem já de muito longe, sendo as mais antigas representações cartográficas conhecidas datadas de vinte e quatro a vinte séculos antes da nossa era.

Desde longa data o Homem ambicionou conhecer o ambiente que o rodeia. Nos alicerces desse conhecimento esteve sempre a observação directa, embora outros processos facilitadores dessa apreensão tenham sido desenvolvidos (TAVARES, 1992). A representação cartográfica é um desses processos e que muito contribuiu para a desejada compreensão do mundo (TAVARES, 1992).

O delineamento dos limites do litoral em cartas e portulanos[94] medievais afigura-se pouco preciso face aos produtos cartográficos actuais. Efectivamente, os processos cartográficos da época eram deficientes, limitando-se os instrumentos de marinharia a simples «cartas rumadas» (apresentando uma rede de linhas de rumo), e não «cartas graduadas» (MARTINS, 1946, p.170). As distâncias eram aproximadas, o uso da agulha de marear era imperfeito e careciam de uma rede de projecção, na medida em que não atendiam à latitude nem à longitude (MARTINS, 1946).

---

[94] Sobre o que deve entender-se por *portulanos*, consultar a obra de Armando CORTESÃO, *Cartografia e Cartógrafos Portugueses dos séculos XV e XVI: Contribuição para um estudo completo*, vol.1, Lisboa, 1935, p.7.

Com os Descobrimentos e o rápido alargamento do mundo conhecido, surge uma necessidade imperiosa de registar, em mapas, os locais descobertos (ALEGRIA e GARCIA, 1995). Para tal, tiveram de ser desenvolvidos métodos que permitissem registar, com o maior rigor possível, os horizontes conhecidos.

Datam do século XIII importantes investigações desenvolvidas por Fibonacci,[95] em 1220, sobre métodos de medidas indirectas e, do século XV, a descrição do processo de triangulação por Leone Alberti,[96] em 1445 (TAVARES, 1992). Contudo, é aos gregos que devemos os fundamentos do actual sistema cartográfico, já que eles desenvolveram a cartografia a um nível ultrapassado apenas em pleno século XVI (ALEGRIA, 1977). A eles se deve, por exemplo, o reconhecimento da forma esférica da Terra, o desenvolvimento, embora de modo pouco rigoroso, de um sistema de latitudes e longitudes, as primeiras projecções e o cálculo do tamanho da Terra.

A tradução para latim da obra de Ptolomeu (d.C. 90-168), «*Geographia*», no início do século XV, promoveu uma autêntica revolução na cartografia (ALEGRIA, 1977; GASPAR, 2000). Como consequência, é a partir desta época que o mundo imaginário dos cartógrafos eclesiásticos da Idade Média é posto de lado, já que imperava o interesse por mostrar o mundo tal como ele se apresenta.

No decorrer dos séculos XVI e XVII o progresso da cartografia deveu-se à forte actividade militar e consequente necessidade de conhecimento dos domínios continental e marítimo (TAVARES, 1992). Até esta altura, especialmente durante os anos de quatrocentos e quinhentos, era a cartografia náutica a que ocupava lugar de maior destaque. Nos séculos posteriores, pelo contrário, é a cartografia terrestre que recebe maior incremento (ALEGRIA e GARCIA, 1995).

Como se vê, a arte cartográfica evoluiu bastante ao longo dos tempos, sendo possível «Em cada momento histórico [...] referenciá-la profundamente articulada com os progressos económicos e sociais, políticos e tecnológicos» (TAVARES, 1992, p.1).

Armando CORTESÃO (1969) e M. Fernanda ALEGRIA (1977), referem alguns acontecimentos marcantes para a evolução da Cartografia, além da recuperação da obra «*Geographia*», de Ptolomeu. Destacam a invenção da impressão e da gravura, os

---

[95] Leonardo Fibonacci (1170?-1240?), matemático italiano, compilou e complementou o conhecimento matemático, contribuindo para os campos da Álgebra e da teoria dos números. É o mentor da série de Fibonacci (in http://www.cs.rit.edu/~pga/Fibo/fact_sheet.html).

[96] Leone Battista Alberti (1404-1472), arquitecto italiano, músico, pintor e humanista, foi responsável por obras eclesiásticas italianas de grande envergadura
(in http://www.1upinfo .com/encyclopedia/A/AlbertiL.html).

Descobrimentos (com o consequente desenvolvimento da navegação astronómica), e a introdução, feita pelos Portugueses durante o século XV, da escala de latitudes nos mapas. Referem ainda o desenvolvimento da cartografia terrestre (finais do século XVIII, inícios do século XIX), marcado pelas primeiras determinações de longitude em Portugal e, posteriormente, da triangulação geodésica.

Em 1798 foi fundada a «Sociedade Real e Marítima, Militar e Geográfica para o Desenho, Gravura e Impressão das Cartas Hidrográficas e Militares», considerada o primeiro organismo cartográfico português (TAVARES, 1992, p.2).

Ao longo dos séculos XVIII e XIX, as técnicas cartográficas beneficiam de grande desenvolvimento, nomeadamente o aparecimento da representação topográfica utilizando as curvas de nível e pela introdução de cadastro (ALEGRIA, 1977; TAVARES, 1992). Destes dois séculos chegam-nos diversas representações abrangendo a barra do Douro e o Cabedelo, a que faremos referência mais tarde.

Joaquim Alves GASPAR refere que os levantamentos topográficos e geodésicos efectuados no século XIX «trouxeram um conhecimento mais exacto e pormenorizado da geografia da Terra e da sua forma e dimensões».[97] Na primeira metade do século XX, refere o mesmo autor, a «revolução da Geodesia e da Cartografia ocorreu [...] com o aparecimento da fotografia aérea e o avanço tecnológico nas formas de gravar e imprimir».[98]

Mais recentemente, o recurso à informática e aos computadores, bem como aos dados obtidos por satélites e Sistemas de Informação Geográfica, permitiram uma verdadeira revolução na transmissão, tratamento e actualização de dados cartográficos.

Actualmente, o acesso fácil às representações cartográficas (disponíveis nas mais variadas vertentes), possibilita a obtenção rápida de informações, não só a especialistas de áreas diversas, como a políticos e jornalistas, por exemplo, ou ainda à pessoa comum. Podemos afirmar, por isso, que vivemos num verdadeiro "Mundo Cartográfico".

---

[97] GASPAR, 2000, p.3.
[98] id., ibid.

V.2 - TIPOS DE REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS

Dependendo do ponto de vista utilizado, foram aplicados, ao longo dos tempos, diferentes tipos de representações, particularmente no que concerne às cidades,[99] referidos por Rui TAVARES (1992):

- Panorâmica (vista horizontal), realçando a silhueta da cidade, típica das representações medievais;
- Perspectiva (vista oblíqua), representando a cidade panoramicamente, mas não como um plano, ou seja, acrescentando a dimensão da profundidade.
- Plano (vista vertical), tipo de registo que, embora já aplicado na antiguidade, não foi utilizado no período medieval, vindo a base do plano geométrico a constituir o princípio da cartografia moderna.

Actualmente são produzidos trabalhos cartográficos dos mais diversos tipos, para utilização nas mais variadas situações.

GASPAR (2000), refere o sistema de classificação de cartas que parece reunir maior consenso, segundo o qual podemos considerar as **cartas gerais**, ou de **base** e as **cartas especiais** ou **temáticas**.

As **cartas temáticas** pretendem fornecer informações específicas, podendo ser de diversos tipos como, por exemplo, físicas, políticas, náuticas, científicas, mapas de estradas, cartas itinerárias, cartas ou plantas cadastrais e urbanas.

No que se refere às **cartas gerais**, elas representam a informação geográfica numa perspectiva espacial, figurando objectos de interesse geral, quer naturais, quer artificiais. Como exemplos deste tipo de representação podemos citar:

- cartas geográficas – cartas em pequena escala, normalmente inferior a 1:500000, representativas dos traços mais gerais de vastas regiões do globo terrestre. Os planisférios e os *mapa-mundi* são casos particulares destas representações.
- Cartas corográficas – cartas de escala intermédia, normalmente entre 1:500000 e 1:50000, representativas da geografia geral de regiões ou países.
- Cartas topográficas – representações em grande escala, por norma superior a 1:50000, revelando pormenores da superfície terrestre. Para cartas topográficas com escala superior a 1:10000, normalmente aplicam-se os termos "plano" ou "planta".

[99] Referimo-nos particularmente à cartografia urbana, na medida em que é nas representações cartográficas da cidade do Porto e da sua barra que vamos encontrar o Cabedelo, objecto do nosso estudo.

Da pesquisa efectuada durante o desenvolvimento deste trabalho, resultou a necessidade de consulta de um conjunto considerável de cartas e plantas, abrangendo a região da Foz do Douro e, obviamente, o Cabedelo. No entanto, não podemos deixar de referir que esse espólio se encontra disperso e, por vezes, em deficiente estado de conservação.

É esse o tema que abordaremos no ponto seguinte.

V.3 - O CABEDELO E A BARRA DO DOURO: REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS ANTIGAS (SÉCULOS XVII A XIX)

O traçado do litoral português tem sofrido variações ao longo dos tempos, dada a contínua evolução das costas, dos estuários e de outros acidentes litorais (MARTINS, 1946). Reunir cronologicamente documentos que se refiram à evolução de um dado troço costeiro exige pesquisa e investigação de "monumentos" cartográficos diversos.

As representações cartográficas do Cabedelo[100] que aqui apresentamos estão presentes em documentos que ilustram, total ou parcialmente, a cidade do Porto, particularmente a zona de S. João da Foz e/ou a barra do rio Douro. Tentaremos apresentar, aqui, um número considerável de trabalhos cartográficos representativos desta zona, para assim podermos concluir sobre a evolução da restinga, por comparação da sua morfologia com a obtida durante a sequência de trabalhos de campo efectuados no âmbito desta dissertação[101] (ver Capítulo IX.3.3).

Ao longo da pesquisa efectuada encontrámos diversas peças cartográficas, elaboradas tendo em vista melhoramentos da barra do Douro e/ou a defesa da mesma, bem como a necessidade de gestão do território.[102] Segue-se uma descrição (tanto quanto possível

---

[100] Infelizmente, é relativamente pequeno o número de trabalhos cartográficos da região em estudo, face à importância que a mesma teve ao longo dos tempos históricos. Acresce o facto de se encontrarem espalhados por diversas entidades, nomeadamente as Bibliotecas Públicas Municipais do Porto e de Vila Nova de Gaia, o Arquivo Histórico Municipal da Cidade do Porto, a Sociedade de Geografia de Lisboa, o Museu Nacional de Soares dos Reis, a Associação de Portos de entre Douro e Leixões, entre outras.

[101] É importante ter em consideração que só os trabalhos mais recentes, nomeadamente os do século XX, se encontram georeferenciados e, portanto, é apenas com estes que podemos contar para uma comparação efectiva com os dados obtidos no trabalho de campo desenvolvido no âmbito desta dissertação.

[102] É possível encontrar cartas relacionadas com episódios militares, nomeadamente as invasões francesas ou o Cerco do Porto, que visam salientar pontos militarmente estratégicos, ou cartas mais

sumária) desses trabalhos, com datas compreendidas entre o século XVII e os finais do século XIX.

V.3.1 - SÉCULO XVII

Desta época encontrámos uma gravura de Willem Jansz Blaeu, datada de 1619.[103]

«Der Zeecusten van Portugal van Viana tot Avero», 1619

Esta parece constituir a mais antiga representação cartográfica pormenorizada da costa portuguesa de entre os rios Lima e Vouga e, particularmente, da região da foz do Douro (BARROCA, 2001). Esta carta pode ser visualizada no **APÊNDICE 6-A**.

Existem cartas mais antigas mas, dada a escala de representação, a região em estudo não aparece pormenorizada.

« Leça, Cidade do Porto e Aveiro », 1673

Um outro exemplo de representações cartográficas do século XVII é dado por um mapa da zona costeira entre Leça e Aveiro, da autoria de Luís Serrão Pimentel. Um pormenor desta estampa encontra-se no **APÊNDICE 6-B**.

V.3.2 - SÉCULO XVIII

É durante a segunda metade do século XVIII e início do século XIX que a produção de material cartográfico se vocaciona mais para a resolução de problemas de índole regional ou pontual (FALCÃO e BRAVO, 1995).

As representações hidrográficas, nomeadamente dos cursos de água navegáveis, dos portos e das barras, ou as representações das zonas com interesse estratégico-militar, começam a ser elaboradas, bem como plantas urbanas diversas, de que a cidade do Porto e

influenciadas por aspectos da vida urbana, como a gestão do espaço ou, por exemplo, a actividade portuária (TAVARES, 1992).

[103] Esta gravura constitui a carta nº 97 do 5º fascículo da colectânea *Zeespiegle*, de 1623, da autoria de W.J. Blaeu (OLIVEIRA, 1992). O original desta gravura é de 1619, encontrando-se uma cópia na Biblioteca Pública Municipal do Porto, cuja referência é BPMP, Res. C (I) – 2.

os seus arredores (particularmente a zona do Cabedelo, pelo seu enquadramento na barra do Douro) não são excepção. Contudo, os primeiros exemplares cartográficos da cidade do Porto não constituem levantamentos topográficos científicos, pois não se encontram referidos a qualquer nivelamento (TAVARES, 1992).

«(...) Mapa he Ademonstração da costa do mar desde a villa de Matozinhos, athe a barra da cidade do Porto (...)», 1775. Cópia de 1906.

Este mapa é curioso, pois representa Leixões, «a grande pedra [...] que pode servir para assento [*sic*] de um Castelo, à sombra do qual tenham abrigo os Navios que não puderem entrar na Barra da dita Cidade do Porto». Este local viria a ser, de facto, palco da construção de um porto artificial, volvido mais de um século.[104]

Além dos Castelos, estão representadas as diferentes igrejas, a Capela-farol S. Miguel-o-Anjo e o Cabedelo. Este mapa surge-nos na Figura III.13, presente no capítulo III.5.2, referente aos projectos e estudos para implantação do porto de Leixões. O texto que acompanha o mapa, dado o seu interesse para a descrição da região da foz do Douro, bem como pelo facto de referir a área de Leixões como propícia para implementação de um «Castelo que abrigue os Navios e defenda a Costa fronteira» encontra-se no **APÊNDICE 4**.

«Mappa da Barra e Rio, da Cidade do Porto, com todas as suas pedras, bancos d'areya e palmos q tem o d.º rio na baixa-mar., 1779 [105]

Esta planta, presente no **APÊNDICE 6-C**, revela pormenores de grande interesse, como sejam as edificações Torre da Marca, Farol S. Miguel-o-Anjo e Fortaleza de S. João da Foz, a identificação das pedras perigosas para a navegação, as configurações do Cabedelo e da bacia de S. Paio, bem como as propostas de José Monteiro Salazar para o melhoramento da barra do Douro (consulte-se, igualmente, o capítulo IV.2.1 e o **APÊNDICE 5-A**).

«Planta Geográfica da Barra da Cidade do Porto», 1789

---

[104] Ver capítulo III.3.5.

[105] Encontra-se o original na Biblioteca Pública Municipal do Porto com a referência BPMP Res. C – M & A – Pasta 18 (8).

A mais antiga gravura conhecida representativa da cidade do Porto[106] (**ANEXO 2**), data de 1736 (ANDRADE, 1959; BARROCA, 2001), antecedendo praticamente meio século o desenho de Teodoro de Sousa Maldonado[107] relativo à barra do Douro,[108] já apresentado na Figura III.1 do capítulo III.2.

A «*Planta Geográfica da Barra da Cidade do Porto*» dá-nos uma panorâmica da barra do Douro[109] vista de Gaia, num misto de planta e perspectiva. Poderemos considerá-la dividida por uma linha horizontal localizada aproximadamente a meio do desenho. Na parte inferior temos a planta propriamente dita, mostrando o Cabedelo, o oceano e as rochas que obstaculizam para a navegação, bem como os seus trajectos possíveis. Na parte superior destaca-se a noção de profundidade, com a representação dos principais edifícios da época.

A escala utilizada é referida em braças e a legenda é descrita pelo Padre Rebelo da Costa, tal como já foi apresentado anteriormente.

« Planta da Foz do Douro e dos Projectos de Fortificação para a defensa da mesma », 1793

Nos inícios da última década do século XVIII, Reynaldo Oudinot remete ao monarca uma planta da região, intitulada «*Planta da Foz do Douro e dos Projectos de Fortificação para a defesa da mesma*», cujos pormenores foram evidenciados no **APÊNDICE 5-C**.

A carta completa encontra-se no **APÊNDICE 6-D**. O extremo norte do Cabedelo posicionava-se, então, entre o castelo de S. João da Foz e a capela-farol de S. Miguel-o--Anjo.

---

[106] Esta gravura corresponde a uma das mais antigas vistas da cidade, tendo sido desenhada por H. Duncalf e gravada por H. Toms, em 1736.

[107] São vários os autores que consideram a gravura do livro do Padre Rebelo da Costa como sendo a mais antiga representação topográfica da Barra do Douro como, por exemplo, ANDRADE (1941; 1959).

[108] A barra do Douro aparece, igualmente, em diversas gravuras inglesas como, por exemplo:

"The Mouth of the Douro from Massarelos". Pintada por Lient. Co. Batty, gravada por E. Goodall, presente na obra *The Cities of Europe. "Oporto"*. Moon Boys & Graves. Londres. 1829.

"The Bar of the Douro". Pintada por J. Holland. Gravada por J. C. Armitage. Da obra *The Tourist in Portugal* de W. H. Harrison. Londres. 1839.

[109] Adolpho LOUREIRO (1909*a*) refere que já numa carta do Douro e sua foz, datada de 27 de Agosto de 1757 e assinada por Francisco Pinheiro da Cunha, representa-se o Cabedelo separado de S. Paio e Afurada por um canal que torneia a margem, deixando um grande assoreamento ou banco no meio do rio. Esta situação é igualmente representada no desenho de Teodoro Maldonado, em 1789. Não tivemos, no entanto, conhecimento do paradeiro dessa carta.

V.3.3 - SÉCULO XIX

«Planta da ...a Cidade do Porto», 1815

Esta planta[110] será uma das mais antigas representações da barra do Douro, mas encontra-se num estado deplorável. A escala de «trezentas braças» e a legenda estão praticamente inutilizadas e mesmo o título está incompleto, querendo dizer, provavelmente, «Planta da Barra da Cidade do Porto» (ANDRADE, 1948). Ver **APÊNDICE 6-E**.

«Planta da Foz do Douro até Quebrantoens», 1820

No capítulo IV.2.2 referimo-nos ao projecto de Luiz Gomes de Carvalho, para melhoramento da Barra do Douro, datado de 1820, o qual se encontra no **APÊNDICE 5-D**.

A planta correspondente à proposta apresentada, além de salientar as obras projectadas por aquele engenheiro, também evidencia as várias morfologias do Cabedelo do Douro representadas pelo autor, revelando a dinâmica e inconstância daquela estrutura arenosa (Ver **APÊNDICE 6-F**).

«Plan de la Ville, du Port & Des Environs D'Oporto en Portugal», 1832.

Esta planta tem a escala métrica representada em léguas e mostra-nos a cidade do Porto envolta por diversas povoações, como S. João da Foz, Ouro e, nos arredores do Cabedelo, Santo André e S. Paio. Pode ser analisada no **APÊNDICE 6-G**.

Nesta altura, a cidade não se estendia muito para além das muralhas fernandinas. A zona da margem direita da foz do Douro aparece como uma mancha compacta de construções edificadas no sentido este-oeste e atravessada por uma linha de água – o rio de Vila.[111]

---

[110] O original encontra-se no AHMP.

[111] Este rio, hoje subterrâneo, nada tem a ver com outro curso de água, de igual nome mas de maiores dimensões que corria, na época, pelas ruas de Mouzinho da Silveira e de S. João (FERNANDES, 1989).

«"Oporto and Environs" with the lines of Don Pedro and Positions of Don Miguel's Army»

Este mapa apresenta-nos a cidade do Porto com a sua linha de defesa, em 1832 (ver **APÊNDICE 6-H**).

Em 1833 foi impressa a mesma carta, mas com a legenda em português, intitulada «*O Porto e seus arredores com as linhas de D. Pedro e posições do exército de D. Miguel*», com escala métrica em milhas e dimensões de 26,5 cm por 20,5 cm.

«Oporto», 1833

É na carta presente no canto superior esquerdo – "*The Environs of Oporto*" que o Cabedelo se encontra representado (ver **APÊNDICE 6-I**).

«Entrance of the River Douro» by Commander Edward Belcher H.M.S.Ætna. 1833

Esta carta, completada com gravuras relativas às diversas marcas visíveis do mar, utilizadas como pontos guias para o correcto enfiamento das embarcações relativamente à barra, encontra-se no **APÊNDICE 6-J**. Salienta-se, nesta representação, a dimensão crescente de S. João da Foz, com um detalhe do aglomerado e imagens dos imóveis mais notáveis (FERNANDES, 1989).

«Planta Militar do Porto»

Nesta carta, igualmente elaborada para fins militares, mostra-se o Cabedelo e a bacia de S. Paio ocupando uma vasta área (ver **APÊNDICE 6-L**).

«Porto e Arrabaldes, linha de D. Pedro e posições do exército de D. Miguel», 1833

Esta carta, impressa em português, representa as posições dos exércitos de D. Pedro e de D. Miguel durante o cerco do Porto. Recorre à milha como escala, podendo analisar-se uma cópia no **APÊNDICE 6-M**.

«Carte topographique des lignes d'Oporto»

Dotado de grande rigor cartográfico, este mapa militar encontra-se no **APÊNDICE 6-N**.

«Planta do Porto e suas Vizinhanças»

Esta carta não tem referência ao seu autor nem à data da sua elaboração. No entanto, é relativa, provavelmente, a 1832/33, pois indica as principais estruturas de defesa durante o «Cerco do Porto». Destaca, igualmente, as distâncias entre a Cidade e as povoações mais próximas.

Sendo bastante completa, carece todavia de grande rigor quanto ao levantamento topográfico (ANDRADE, 1942*b*), como se pode verificar pela análise do **APÊNDICE 6-O**.

«Planta do Porto»

Esta carta apresenta o Cabedelo no canto inferior esquerdo e recorre a uma escala dimensional em léguas. Também este exemplar não tem data indicada, parecendo corresponder, no entanto, a uma representação bastante antiga, como se pode confirmar pela análise do **APÊNDICE 6-P**.

«Plan von o Porto und Umgegend gez und herausgegeben», 1833

De origem germânica, esta carta militar representa a cidade do Porto e seus arredores, aparecendo o Cabedelo na margem esquerda do mapa (ver **APÊNDICE 6-Q**).

Na extremidade desta "língua" de areia encontra-se representada uma bateria, destinada a atacar o Castelo da Foz.

«Plan af Porto Stentryck af G. Runbom. Salvagrand Huset nº1», 1833

Este mapa, correspondente a uma planta militar relativa ao Cerco do Porto, encontra-se no **APÊNDICE 6-R**.

O tipo de cartas apresentadas até ao momento, bem como o número limitado delas existente permite-nos concluir que naquela época deverão ter existido plantas com elevado rigor e grande precisão. Terão no entanto desaparecido, quer propositadamente, para evitar a revelação de dados militares e indicações nelas contidas, quer por negligência dos responsáveis pela sua conservação. Certo é que, actualmente, se encontram em número reduzido, normalmente exemplares únicos e, eventualmente, mal conservados.

Em 1839, Joaquim da Costa Lima apresenta uma «*Planta Topographica da Cidade do Porto*», encomendada pela Câmara Municipal da cidade. Esta carta, "corrigida a Grafómetro", exprime, segundo OLIVEIRA (1992), uma nova exigência e rigor, com aumento do pormenor e, consequentemente, do seu grau de utilidade prática.

Em 1844, Frederico Perry Vidal desenha, a partir do mapa anterior, uma outra carta, abrangendo maior território, mas com a consequente perda de pormenor (OLIVEIRA, 1992). Este mesmo autor refere ainda que, no final da primeira metade do século XIX, em 1848, a área do Porto é incluída na carta «*O Douro Portuguez e Paiz Adjacente com tanto do Rio quanto se pode tornar navegável em Espanha*» da autoria do barão J. James Forrester.

A segunda metade do século XIX é pautada, como já referimos anteriormente (ver capítulo III.5), pelo interesse crescente na construção de um porto de abrigo artificial na zona dos rochedos Leixões,[112] na foz do rio Leça.

No entanto, os trabalhos cartográficos continuam e, com a criação, em 1852, do «Ministério das Obras Públicas, Comércio e Indústria», legisla-se sobre o levantamento da «*Carta Geral do Reino*» (mais tarde, «Carta Chorographica de Portugal»), na escala 1:100000, actividade que se prolonga por quase meio século. Efectivamente, a publicação da Carta Corográfica na escala 1:100000 inicia-se em 1856 e termina apenas em 1904. O respectivo mapa, em 37 folhas e com curvas de nível equidistantes de 25 metros, foi o primeiro a fornecer uma base rigorosa e precisa para levantamentos de pormenor (ALEGRIA, 1977; ALEGRIA e GARCIA, 1995).

O ano de 1856 foi igualmente marcante para a cartografia da cidade do Porto, já que a Câmara Municipal solicitou ao Rei o levantamento da Planta e o nivelamento da Cidade.

---

[112] Muitos foram os projectos e propostas para melhoramento da barra do Douro, mas a aprovação do projecto da autoria do Engenheiro Afonso Joaquim Nogueira Soares, em 1883, para a construção do porto de Leixões (obra que se desenrolou entre 1884 e 1892) desviou todas as atenções e investimentos para aquela edificação.

Em 1865 é publicada, em Lisboa, a «*Carta Geográfica de Portugal*», na escala 1:500000, na qual o relevo é representado por curvas de nível com equidistância de 100 metros. Segundo ALEGRIA e GARCIA (1995), este terá sido o primeiro mapa moderno do país, construído com sólidas bases científicas.

No ano de 1869 é criada a «Direcção Geral dos Trabalhos Geodésicos, Topográficos e Geológicos», com o objectivo de proceder à descrição matemática, física e geológica do país (ALEGRIA e GARCIA, 1995).

Da longa sucessão de trabalhos decorrentes da solicitação de 1856 acima referida, resulta, em 1892, a «*Carta Topográfica da Cidade do Porto*», obra notável e meritória do Engenheiro Augusto Gerardo Teles Ferreira.[113] No **APÊNDICE 6-S** pode ver-se um excerto de uma das 464 folhas que constituem a carta do Porto, à escala de 1:500.

Um outro trabalho cartográfico digno de registo e elaborado nesta segunda metade do século XIX e inícios do século XX é a «*Carta Agrícola de Portugal*» (1890-1908), na escala 1:50000.

Também a cobertura cartográfica do país, iniciada em 1893, na escala 1:50000, permitiu elaborar a «*Carta Corográfica de Portugal*», cujas primeiras folhas foram publicadas em 1900.

Não recolhemos, para este trabalho, exemplares cartográficos datados do século XX. O avanço tecnológico e científico registado neste período reflectiu-se também na Cartografia, que passou a dispor de uma vasta gama de elementos cartográficos.

Ao longo do século XX, particularmente nas últimas décadas, é grande a variedade cartográfica produzida para os mais diversos fins, pelo que a sua inclusão neste capítulo, mesmo que sucinta, expanderia muito a dissertação. Contudo, alguns exemplares georeferenciados são utilizados no capítulo IX.3.3.3, quando se tenta efectuar uma sobreposição da cartografia existente com os dados de campo obtidos nas diversas monitorizações.

[113] O engenheiro Augusto Gerardo Teles Ferreira foi membro da Direcção Geral dos Trabalhos Geodésicos, Topográficos, Hidrográficos e Geológicos do Reino.

(...) as línguas do Cabedelo, uma dobra de espumas,
inclemente ou amansada, corroendo a fímbria de exiladas
palmeiras e pano de azulejos encardidos,
o rochedo aonde vão
despedaçar-se os cargueiros. E são,
indistinguíveis, litorais de
salitre que se apegam à memória...

Mário Cláudio, *Três Livros*

VI

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS RELEVANTES NA FOZ DO RIO DOURO .

A GEOLOGIA DO CABEDELO

«Cai a tarde, vamos entrar a barra. Quase toco de um lado no velho castelo roído de salitre e do outro no bico do cabedelo, onde as gaivotas apanham o último sol, com os pés metidos na água.»

Raul Brandão, *Os Pescadores*

VI - CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS RELEVANTES DA FOZ DO RIO DOURO

A GEOLOGIA DO CABEDELO

No decorrer das sessões de trabalho de campo efectuadas, tornou-se inevitável uma análise mais cuidada desta zona da orla litoral, pois ela revela-nos «a existência de estruturas e aspectos geológicos de muito interesse, não só científico, mas, ao mesmo tempo, didáctico», tal como refere Carlos TEIXEIRA (1970, p.14).

Abordámos, anteriormente, no capítulo I.2, a geologia geral da bacia hidrológica do Douro. Dado que esta dissertação se enquadra no âmbito da Geologia e se refere, particularmente, à região da barra do rio (ínfima parte da bacia hidrográfica do Douro), aquela caracterização torna-se, no nosso entender, insuficiente.

Efectivamente, a zona da foz do Douro evidencia pormenores geológicos de grande complexidade e interesse, particularmente no que diz respeito às rochas graníticas, aos seus contactos com rochas metamórficas e aos sedimentos presentes no Cabedelo.

VI.1 – AS LITOLOGIAS DA REGIÃO ENVOLVENTE DO CABEDELO

Do ponto de vista litológico, a região envolvente da embocadura do rio Douro[114] enquadra-se no Maciço Hespérico que, na área em estudo, se faz representar por rochas graníticas e metamórficas diversas, como migmatitos, gnaisses, micaxistos e xistos que evidenciam diversos graus de metamorfismo (ARAÚJO, 1990).

Sob a perspectiva estrutural, é possível identificar, nesta região, o contacto entre as Zona Centro Ibérica (ZCI) e a zona Ossa Morena (ZOM), para Norte e Sul da praia de

[114] A região da foz do rio Douro, incluindo o Cabedelo e as faixas costeiras para Sul, até Lavadores, e, para Norte, até ao Castelo do Queijo, encontra-se nas Cartas Geológicas de Portugal, de 1992, Folha 1, à escala 1/200000, sob coordenação de Eurico Pereira, e na Folha 9-C-Porto, publicada em 1957, à escala 1/50000, por Carríngton da Costa e Carlos Teixeira.

Lavadores, respectivamente, correspondente à descontinuidade conhecida por Falha Porto/Tomar (RIBEIRO et al., 1979;1980; ARAÚJO, 1990).

A área envolvente da foz do rio Douro surge-nos bastante condicionada pelas características geológicas dominantes. A observação da faixa litoral referida, nomeadamente na área de influência das marés, evidencia pormenores estruturais das diferentes rochas presentes, bem como relações entre as diversas litologias. Poderemos assim munir-nos de instrumentos geológico-didácticos importantes, tendo em conta a variedade de rochas presentes e a clareza de algumas formas (TEIXEIRA, 1970; MARQUES et al., 2000). A região torna-se, por isso, particularmente propícia às visitas de estudo (MARQUES et al., 2000; GOMES e FERREIRA, 1995; TEIXEIRA, 1970).

VI.1.1 – DA FOZ DO DOURO AO CASTELO DO QUEIJO

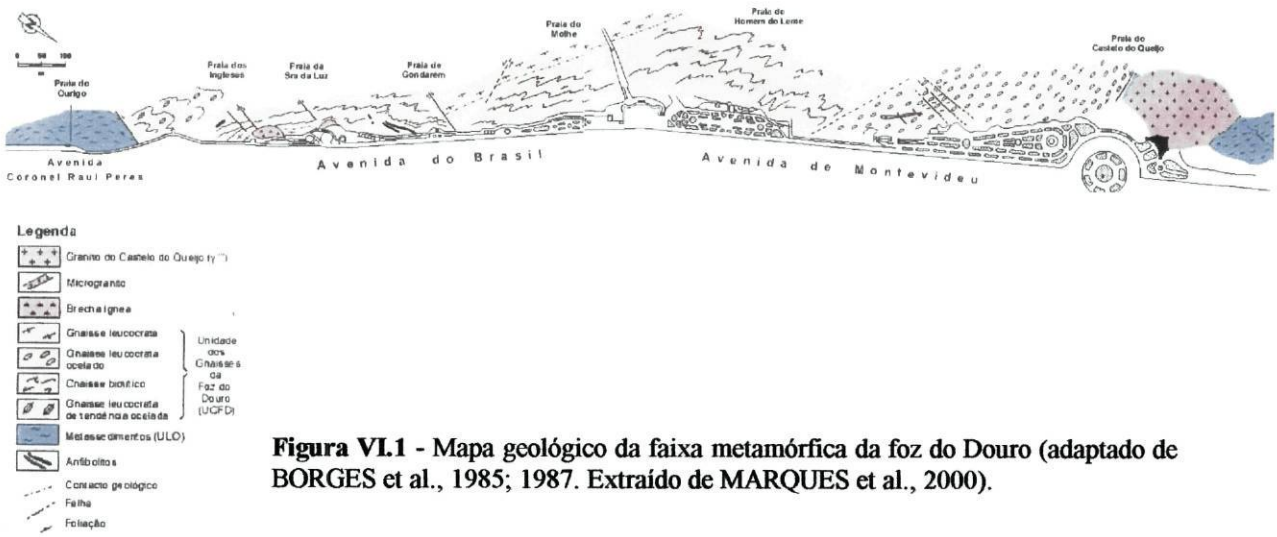


Figura VI.1 - Mapa geológico da faixa metamórfica da foz do Douro (adaptado de BORGES et al., 1985; 1987. Extraído de MARQUES et al., 2000).

A faixa metamórfica que separa a ZCI da ZOM é representada, na orla litoral entre a Foz do Douro (molhe das Felgueiras) e o Forte de S. Francisco Xavier (Castelo do Queijo), por rochas metassedimentares, associadas a diversos tipos de ortognaisses que, no seu conjunto, constituem o «Complexo Metamórfico da Foz do Douro» – CMFD (NORONHA, 1994).

As rochas deste complexo integram-se em duas unidades tectono-estratigráficas distintas: a Unidade de Lordelo do Ouro (ULO) e a Unidade dos Gnaisses da Foz do Douro (UGFD) (CHAMINÉ, 2000; NORONHA e LETERRIER, 2000).

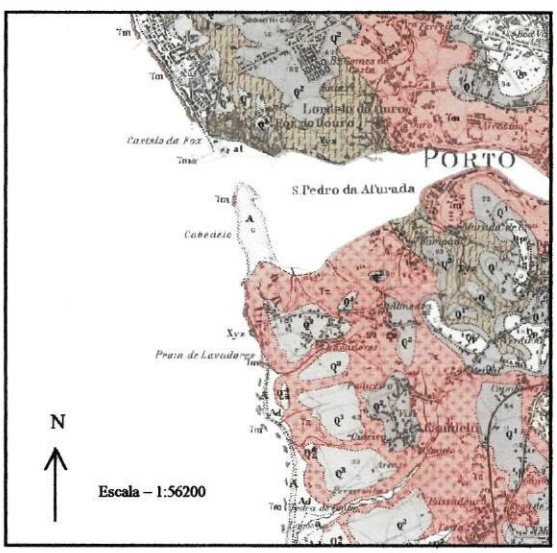
A ULO reúne rochas metassedimentares com foliações anteriores às dos ortognaisses associados (BORGES et al., 1985; RIBEIRO e PEREIRA, 1992) e contacta tectonicamente com o granito do Porto, a Leste, e com a UGFD, a Oeste.

A UGFD inclui quatro tipos de ortognaisses (BORGES et al., 1985; 1987), todos de composição granítica: biotíticos, leucocratas de tendência ocelada, leucocratas e leucocratas ocelados. A sua distribuição espacial encontra-se na Figura VI.1. Existem ainda anfibolitos de origem magmática com afinidade toleítica, associados às rochas das duas unidades tectono-estratigráficas, ULO e UGFD (BRAVO e ABRUNHOSA, 1978).

Segundo PINTO et al., (1987), os gnaisses leucocratas intruíram os gnaisses biotíticos há cerca de 604 M.a., idade estabelecida isotopicamente. NORONHA e LETERRIER (1995) e LETERRIER e NORONHA (1998) atribuem aos gnaisses biotíticos, de origem profunda e com contribuição mantélica, uma idade de 575±5 M.a., aos gnaisses leucocratas de tendência ocelada, de origem crustal, 607±17 M.a. e aos anfibolitos, com composições próximas dos basaltos tipo MORB, 1,05 G.a.

Ao granito do castelo do Queijo, biotítico, com tendência porfiróide, deverá estar geneticamente associada a brecha ígnea localizada para Sul, na praia da Srª da Luz, bem como os pequenos outros afloramentos graníticos distribuídos ao longo de toda a faixa metamórfica (MARQUES et al., 1994).

VI.1.2 – DA FOZ DO DOURO ATÉ LAVADORES



É no Cabedelo e a Sul dele, na praia de Lavadores, que podemos encontrar aspectos geomorfológicos evidenciando a interacção entre diversos agentes da geodinâmica externa (Figura VI.2).

Figura VI.2 – Extracto da Carta Geológica de Portugal – Folha 9-C, na escala 1:50000 (CARRÍNGTON DA COSTA e TEIXEIRA, 1957).

Legenda:
Q^3 (30 a 40 metros) – Depósitos de areias antigas e de depósitos fluviais.
A – Areias e cascalheiras de praia.
Xyz – Migmatitos, gnaisses, micaxistos, etc.
γm – Granito alcalino, de grão médio a grosseiro, de duas micas.

Este ambiente litoral permite o visionamento do efeito de acções como a corrosão, a corrasão, a crioclastia, o atrito e a acção hidráulica das vagas, fenómenos que condicionam a evolução do modelado, nomeadamente nas costas rochosas (FERREIRA et al., 1995; MARQUES et al., 2000). São também facilmente identificáveis formas resultantes das acções mecânica e química da água e/ou outros agentes, associadas à anisotropia das

rochas, de acordo com SUNAMURA (1992). São exemplos as marmitas litorais, os caos de blocos, os alvéolos de corrosão, as plataformas e os arcos de abrasão, bem como os escolhos caprichosos, entre outros.

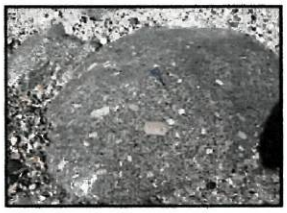


Figura VI.3 – Granito de Lavadores presente no Cabedelo.

Em termos litológicos, neste trecho da faixa litoral destaca-se o afloramento do granito de Lavadores (Figura VI.3), bem como rochas mais antigas intruídas por ele. São bem evidentes diversos aspectos da paisagem granítica, sendo igualmente possível observar traços estratigráfico-sedimentológicos de um terraço, com cerca de 2 M.a., correspondente a vestígios de antigas praias Quaternárias (MARQUES et al., 2000).

O granito de Lavadores aflora numa faixa estreita, paralela à linha de costa, desde o Cabedelo até à praia da Madalena, para Sul, bem como para Norte, no Castelo do Queijo e em pequenas manchas intrusivas no complexo de gnaisses e migmatitos da foz do Douro (SILVA, 1995). Tendo em conta o período de instalação deste granito relativamente à orogenia Hercínica, ele é considerado como pós-tectónico (FERREIRA et al., 1987), sendo a sua idade calculada em 280±10 M.a. (ARAÚJO, 1991). Em termos de localização tectónica, o granito de Lavadores ter-se-á instalado aproveitando a já referida zona de fraqueza que divide os terrenos da ZCI, onde ele se encontra, dos terrenos da ZOM (FERREIRA et al., 1987).

O granito de Lavadores é biotítico, porfiróide, de grão médio a grosseiro (TEIXEIRA, 1970; FERREIRA et al., 1995; SILVA, 1995; MARQUES et al., 2000) e evidencia grandes quantidades de fenocristais feldspáticos, por vezes nitidamente zonados (TEIXEIRA, 1970). O zonamento pode ser sublinhado por uma orla de biotites, ou caracterizar-se pela presença de uma orla exterior branca, revelando, neste caso, pelo menos dois tempos de cristalização (MARQUES et al., 2000).

A forma dos fenocristais é variada: podem ser alongados, rectangulares, arredondados ou idiomórficos, originando, por vezes, verdadeiras massas pegmatíticas de constituição exclusivamente feldspática (ALVES, 1966). Muitos dos cristais apresentam geminação de Carlsbad (TEIXEIRA, 1970).

No granito da zona em estudo encontram-se numerosos encraves de rochas mais escuras, estudados por ALVES (1966). A presença destas massas ricas em biotite é explicada por MARQUES et al. (2000), como sendo resultantes da cristalização, mais ou menos simultânea, de dois magmas imiscíveis e com viscosidades distintas, um com características graníticas e o outro, mais básico, com possível composição tonalítica.

Os encraves podem aparecer aglomerados, formando corredores ou "enxames" de encraves, representando, no seu conjunto, estruturas magmáticas associadas com a instalação e fluxo magmático (MARQUES et al., 2000).

Além dos encraves podemos encontrar, no granito de Lavadores, aspectos típicos de estruturas de fluxo magmático, definindo alinhamentos de biotite em bandas mais escuras.

O maciço granítico de Lavadores apresenta-se marcadamente diaclasado, tendo as fracturas as seguintes atitudes dominantes: N30°E; Subvertical e N50°W; Subvertical. Juntamente com o fenómeno da disjunção esferoidal, as diáclases são responsáveis pelo aparecimento de grandes quantidades de caos de blocos.

Também os filões sub-horizontais, de rochas mais claras e de granularidade mais fina, constituídas por feldspato e quartzo, cortam o granito, revelando-se posteriores a ele (MARQUES et al., 2000). Alguns destes filões, aplíticos ou aplito-pegmatíticos, apresentam-se, entre Lavadores e o Cabedelo, mais rosados (TEIXEIRA, 1970).

Além dos fenómenos referidos, é possível ainda referenciar outros, como a alteração superficial dos blocos graníticos em zonas onde as vagas não podem exercer a sua acção mecânica, ou o relevo dos fenocristais feldspáticos relativamente à matriz. Todos são, indiscutivelmente, de grande interesse para o conhecimento da faixa costeira em estudo.

VI.2 – OS BLOCOS ROCHOSOS DO CABEDELO

As rochas graníticas aflorantes no Cabedelo têm vindo a ser expostas como consequência da retirada de sedimentos e da migração da restinga, em resultado da erosão costeira de que o nosso país tem vindo a ser alvo. Elas resumem-se a alguns blocos arredondados, evidenciando as características gerais do granito da zona de Lavadores, praia imediatamente a Sul da restinga (SILVA, 1995).

Além das pedras do Maroiço (Figura VI.4), as aglomerações rochosas das «Fogamanadas», das «Perlongas» e das «Caranguejeiras», bem como a maior parte dos escolhos que causaram, ao longo dos tempos, incómodos à navegação, pertencem aos afloramentos do granito de Lavadores.

Figura VI.4 – Pedras do Maroiço.

O granito apresenta-se dominantemente na forma de blocos arredondados, resultantes da marcada presença de diáclases,[115] cujas direcções principais, medidas no terreno, apontam para N30°E;70°W.

Fenómenos como a disjunção esferoidal, a ocorrência de fenocristais feldspáticos e de encraves melanocráticos, a alteração mecânica pelas vagas e a alteração química também estão presentes nestes afloramentos.

A existência destes fenómenos e de todos os outros referidos no subcapítulo anterior permitem comprovar que a faixa litoral onde o Cabedelo se enraíza aufere de um carácter didáctico inquestionável, pela riqueza de evidências geomorfológicas e geológicas que exibe.

O **APÊNDICE 7** reúne alguns pormenores geológicos do granito presente no Cabedelo da Foz do rio Douro.

VI.3 - OS SEDIMENTOS DO CABEDELO

O Cabedelo insere-se na margem esquerda da foz do rio Douro, estendendo-se para Norte ao longo de largas centenas de metros.

Na Carta Geológica de Portugal (CARRÍNGTON DACOSTA e TEIXEIRA, 1957), o Cabedelo surge integrado no conjunto Plio-Plistocénico de "areias e cascalheiras de praia", ("A"), estando esta estrutura arenosa rodeada por "granito alcalino de grão médio a grosseiro, leucocrata, de duas micas", ("γm"), um conjunto de rochas metassedimentares designado, na mesma carta, por "Complexo Xisto-Grauváquico ante-Ordoviciano e séries metamórficas derivadas", ("Xyz"), e ainda por depósitos relativos a praias antigas e terraços fluviais ("Q^3") do Plio-Plistocénico (Figura VI.2).

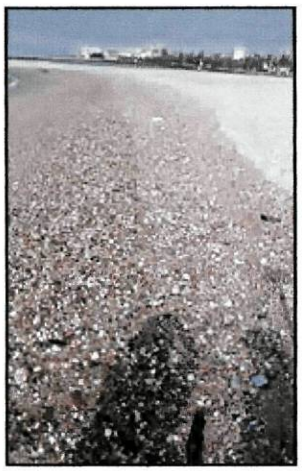
Os depósitos da maior parte das formações que afloram na faixa litoral envolvente são Quaternários, normalmente Holocénicos.

Os sedimentos presentes no Cabedelo são, basicamente, os transportados pelo Douro e que se depositam nas proximidades da foz do rio (DIAS et al., 1980/81; MATOS e DIAS, 1990; FERNANDES, 1999; CASCALHO, 1998; OLIVEIRA et al., 1998), aos quais se juntam os deslocados pelo transporte litoral.

---

[115] Também referem este facto TEIXEIRA (1970), MARQUES et al. (2000) e CANILHO (1975), por exemplo.

Tais sedimentos (Figura VI.5) parecem resultar de fenómenos de meteorização e de erosão relativamente recentes, mas também da remobilização de materiais provenientes do desmantelamento dos depósitos de praias e dos terraços fluviais acima mencionados (FERNANDES, 1999).



Embora o nosso trabalho se destine à análise da evolução morfodinâmica do Cabedelo, encontra-se fora do âmbito desta dissertação o estudo exaustivo de parâmetros sedimentológicos das suas areias, baseado em amostras recolhidas no campo. Contudo, apresentaremos diversos dados que permitem tirar algumas conclusões sobre a evolução do Cabedelo, nomeadamente no que diz respeito aos factores que condicionam o regime de deposição.

Figura VI.5 – Sedimentos grosseiros presentes na parte do Cabedelo voltada ao mar (lado Oeste).

VI.3.1 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

FERNANDES (1999) apresenta uma análise sedimentológica efectuada em amostras recolhidas, durante a Primavera de 1986, em diversos locais do Cabedelo (Figura VI.6).

Neste estudo foram avaliados os parâmetros de Folk e Ward (SUGUIO, 1973) relativos à dimensão média dos grãos (M_z), ao desvio padrão (σ_1), à assimetria (SK_1) e à curtose (K_G). Os resultados apresentados na Figura VI.6 (A, B, C e D), permitem tirar algumas conclusões gerais:

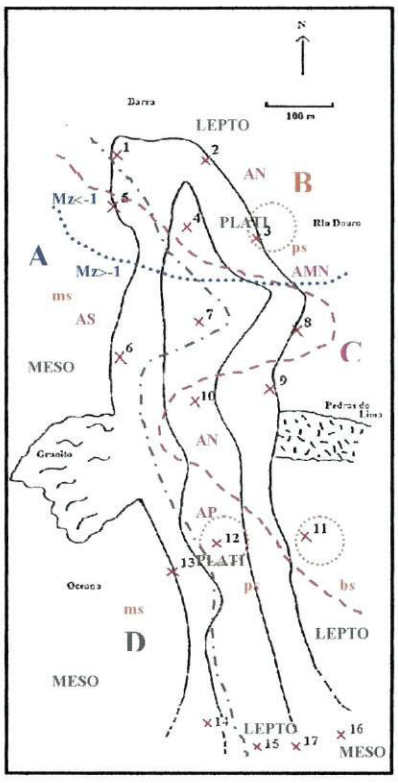


Figura VI.6 – Esboço simplificado do Cabedelo do rio Douro, localização da amostragem e distribuição dos valores dos parâmetros estatísticos ao longo do Cabedelo e contornos esboçados das áreas correspondentes a cada classe A, B, C e D (Adaptado de FERNANDES, 1999).

× - locais de amostragem
A – **Média granulométrica** (Mz)
B – **Desvio-padrão** (σ_1) - **ps**-pobremente seleccionado; **ms**-moderadamente seleccionado; **bs**-bem seleccionado
C – **Assimetria** (SK_1) – **AMN**- assimetria muito negativa; **AN**-assimetria negativa; **AS**-aproximadamente simétrico; **AP**-assimetria positiva.
D – **Curtose** (K_G) – **PLATI**-platicúrtica; **MESO**- mesocúrtica; **LEPTO**-leptocúrtica.

A– As amostras analisadas eram quase, ou na sua totalidade, unimodais, evidenciando pouca ou nenhuma

mistura de calibres. Esta característica é estabelecida para as areias litorais presentes até aos 40 metros de profundidade na plataforma continental, por DIAS et al. (1980/81) e RODRIGUES et al. (1990).

O Cabedelo é constituído por areias que, na extremidade mais a Norte, se apresentam muito mais grosseiras (amostras 1 a 5) do que na restante estrutura. Efectivamente, a extremidade Norte do Cabedelo constitui uma zona de grande turbulência,[116] pelo que os sedimentos presentes tendem a ser mais grosseiros, dado o regime de sedimentação possível.

Também a força da maré, a orientação e a energia da ondulação e o caudal variável ao longo do ano podem conduzir à maior ou menor deposição de materiais ou mesmo à sua interrupção, bem como ao desmantelamento da estrutura arenosa, que só se recomporá posteriormente, quando o regime energético local o permitir.[117]

Na parte Oeste do Cabedelo, voltada para o mar, é vulgar a ocorrência de depósitos superficiais mais grosseiros, porventura cascalhentos, acumulados numa zona de elevada energia devido à rebentação das ondas.

Já na parte Este, voltada para o rio, dominam grãos mais finos, cuja deposição se pode explicar por factores tais como a zona se encontrar protegida dos ventos de Noroeste, não estar sob influência directa da ondulação e corresponder a uma área que as águas estuarinas, em função das marés, invadem calmamente, depositando sedimentos de menores dimensões.

Próximo da bacia de S. Paio é possível ver material ainda mais fino, frequentemente lodoso, constituído por partículas trazidas pelo curso do rio e que se depositam quando a água está calma. Os sedimentos lodosos são propícios à fixação de algumas espécies vegetais que, por seu lado, contribuem para a estabilização dos sedimentos.

A colonização dos sedimentos por comunidades microscópicas constituídas por vírus, bactérias, algas e animais induz actividade biológica produtora de diversos compostos que promovem, igualmente, a consolidação e a compactação dos sedimentos arenosos. A actividade biológica gerada permite ainda controlar os níveis de poluição (BORDALO e SÁ, 1991; 2002[118]), já que:

- existe consumo de dióxido de carbono por parte dos seres vivos fotossintéticos, contrariando o efeito de estufa;

---

[116] Ver capítulo VIII.4.

[117] Ver exemplo no Capítulo VIII.4.3, a Figura VIII.16.

[118] in www.sapalnoverao.web.pt.

- o oxigénio libertado durante a fotossíntese enriquece a coluna de água do rio Douro, fortemente poluída;
- a eutrofização da água é evitada pela absorção de sais minerais nocivos, bem como de nitratos, de nitritos, de amónia e de fosfatos.

Os sedimentos do banco intertidal apresentam-se heterogéneos em termos de dimensões das partículas e do conteúdo químico, e um corte em profundidade mostra camadas distintas de actividade biológica (BORDALO E SÁ, 2002[119]).

B – Apesar de se tratar de um ambiente litoral arenoso, no qual seria de esperar uma boa selecção, os sedimentos do Cabedelo apresentam-se apenas moderadamente seleccionados. Esta situação decorre da introdução de alguns desvios (σ_1) gerados, quer pelo facto de as fontes aluvionares serem diversas e variáveis no tempo, quer ainda pela morfologia complexa da costa, condicionadora da deriva litoral e da energia do meio de deposição.

Segundo DIAS et al. (1980/81), as areias litorais da plataforma apresentam-se bem calibradas, ajustando-se este resultado ao tipo de transporte verificado por deriva litoral.

C – Relativamente aos valores de $\mathbf{SK_1}$, os resultados são heterogéneos em função da localização das amostras havendo, no entanto, alguma tendência para uma assimetria não muito negativa, frequente em depósitos de praia (FERNANDES, 1999). Também esta situação parece ajustar-se ao actual regime de transporte litoral (DIAS et al., 1980/81).

D – Sobre o último parâmetro de Folk e Ward (SUGUIO, 1973) analisado – o achatamento ou curtose, $\mathbf{K_G}$ – verifica-se uma clara separação entre a vertente voltada para o mar – amostras mesocúrticas – e o lado voltado para o rio, onde dominam as amostras leptocúrticas. Segundo FERNANDES (1999, p.32), «um maior peso relativo da carga de tracção nos sedimentos transportados pela rebentação [na vertente voltada para o mar] poderá constituir uma hipótese de explicação para este facto».

VI.3.2 - MORFOMETRIA DOS SEIXOS E AREIAS

VI.3.2.1 – Os SEIXOS

No que diz respeito aos índices de achatamento, de desgaste e de arredondamento, parece haver concordância entre os valores calculados, verificando-se compatibilidade com os valores esperados para ambientes de praia (FERNANDES, 1999).

---

[119] Cf. nota 118.

Os seixos quartzosos mostram uma textura superficial brilhante e polida, sem picotados, indicando um papel limitado da abrasão eólica.

VI.3.2.2 – As AREIAS

O grau de esfericidade é semelhante nas diferentes fracções granulométricas analisadas, constituídas, essencialmente, por grãos quartzosos hialinos, parecendo esta situação «reflectir [...] a forma original, isodiamétrica, dos grãos de quartzo das rochas ígneas aflorantes a nível regional» (FERNANDES, 1999, p. 34).

O grau de arredondamento difere, no entanto, quer em areias mais grosseiras, quer nas mais finas, sendo possível considerar, em cada uma destas granulometrias, duas populações: uma bem arredondada e outra sub-arredondada.

Enquanto as areias da população sub-arredondada expõem superfícies de fractura frescas e com arestas arredondadas, a população de areias bem arredondadas apresenta-se com as superfícies polidas e fortemente picotadas, indicando possível acção da abrasão eólica (FERNANDES, 1999).

VI.3.3 - COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA

Aproveitaremos os dados apresentados no mesmo estudo para inferir sobre alguns pormenores da composição mineralógica das areias do Cabedelo (Quadro.VI.1).

Amostra	Fracção (mm)	Quartzo (%)	Felspato (%)	Micas (%)	Fragmentos(%)
3	1,41 > d ≥ 1,00	95	5	---	---
1	1,41 > d ≥ 1,00	95	2	2	1
13	1,41 > d ≥ 1,00	90	5	2	3
3	d > 4	78	19	---	3
13	d > 4	95	5	---	---

Quadro VI.1 - Composição mineralógica de algumas amostras de sedimentos do Cabedelo (ver localização na Figura VI.6). O termo "quartzo" refere-se a grãos quartzosos, quer sejam de origem ígnea, filoniana ou quartzítica (adaptado de FERNANDES, 1999).

VI.3.3.1. - FELDSPATOS

Verifica-se a presença de uma percentagem mais reduzida de grãos arenosos (1,41 > d ≥ 1,00 mm) do que seixos (d > 4 mm) na fracção feldspática, sugerindo que estes últimos

terão tido origem nos megacristais dos granitos circundantes Eles apresentam-se, de modo geral, pouco alterados.

VI.3.3.2 - QUARTZO

Relativamente aos grãos quartzosos, os seixos têm origem quartzítica ou filoniana e tanto estes como as areias ocorrem na forma de grãos hialinos e isodiamétricos, não apresentando qualquer evidência de terem sido sujeitos a mais do que um ciclo sedimentar (DIAS et al., 1980/81). Constituem a fracção dominante dos depósitos litorais (RODRIGUES et al., 1990), aparecendo os grãos deste mineral em grande quantidade na embocadura do rio Douro (pois este drena uma região granítica) e sofrendo acentuado transporte por deriva litoral (DIAS et al., 1980/81).

A sua origem estará também relacionada com a meteorização, relativamente recente, dos granitos aflorantes na região (FERNANDES, 1999).

VI.3.3.3 - MICAS

As micas aparecem apenas nas granulometrias mais finas (Quadro VI.1).

Um outro estudo, apresentado por CASCALHO (1998), refere a composição mineralógica média dos sedimentos fluviais do rio Douro (Figura VI.7), que poderão alimentar a plataforma continental, se ultrapassarem o domínio litoral (ap. CASCALHO, 1998). Salienta-se, neste trabalho, a elevada percentagem de biotite presente naqueles sedimentos (mineral 6 da Figura VI.7), que o autor justifica de acordo com RIBEIRO et al. (1979), quando referem a existência de afloramentos regionais ricos neste filossilicato, nomeadamente granitos de duas micas e porfiróides biotíticos.

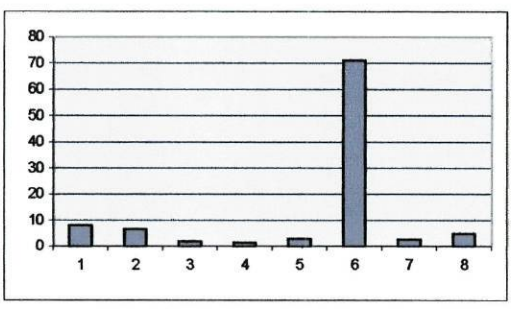


Figura VI.7 – Composição mineralógica dos sedimentos arenosos fluviais do rio Douro, com granulometria fina e muito fina. O intervalo entre as linhas horizontais é de 10%. Os algarismos representam os minerais:

1 – anfíbola	5 - turmalina
2 - andaluzite	6 – biotite
3 – granada	7 – zircão
4 – estaurolite	8 – apatite

(adaptado de CASCALHO, 1998)

Assim, o rio Douro deverá ser responsável pela drenagem de mica da embocadura do rio para a plataforma, onde ela aparece na forma de palhetas pouco alteradas (DIAS et al., 1980/81). Também estes autores mencionam que as micas podem ser abundantes nas

regiões litorais, especialmente nas zonas onde afloram granitos e rochas metamórficas, sendo, portanto, a sua origem bastante próxima do local onde se encontram.

VI.3.3.4. – OUTROS COMPONENTES

CASCALHO (1998) indica a presença significativa de anfíbola nos sedimentos das amostras colhidas no rio Douro, situação que não se verifica nos rios localizados em latitudes superiores. A existência deste silicato parece dever-se à presença de xistos com anfíbola nas proximidades de Espinho e que serão arrastados para a plataforma, pela acção daquela corrente fluvial.

DIAS et al. (1980/81) referem ainda a composição biogénica das areias dos depósitos litorais, que parecem ser constituídas, basicamente, por conchas de moluscos, cuja parte nacarada ainda se encontra visível, pelo que afirmam ser a sua origem recente.

Este facto vem consolidar a ideia de que as areias litorais e, consequentemente, as do Cabedelo, serão recentes[120] e que se encontram em fase de deposição, numa faixa litoral até aos 40 metros de profundidade, aproximadamente (DIAS et al., 1980/81).

Não podemos terminar a análise dos aspectos sedimentológicos do Cabedelo sem mencionar que as amostras estudadas e aqui apresentadas se referem a sedimentos recolhidos superficialmente, ficando encerrada, provavelmente, uma vasta história deposicional que seria de todo o interesse conhecer.

Assim, um estudo sistemático desta formação arenosa em profundidade, se possível até à *bed rock*, permitiria deduzir a história geológica da estrutura, inferir sobre a influência dos transportes marinho e fluvial na sua constituição e, porventura, entrever o trajecto do rio Douro antes da formação desta língua arenosa.

[120] Denominam-se, por isso, de sedimentos neotéricos de acordo com a classificação de McManus 1975 (ap. DIAS et al., 1980/81).

A empatia com a Natureza é uma prova de perfeita saúde.

Henry David Thoreau (1817-1862)

O Homem não pode ser independente da Natureza. Seja de que modo for, ele tem de viver associado a ela, e só tem duas alternativas: a do colono, cuja reacção à natureza foi de domínio sobre ela, marcando a sua presença pela destruição; ou o caminho de Thoreau, que foi para os sítios naturais para neles se acalmar, para aprender com eles, para se retemperar com eles.

Wendell Berry

VII

A ORLA COSTEIRA DO NOROESTE DE PORTUGAL: OS PROCESSOS NATURAIS E ANTRÓPICOS ENQUANTO CONDICIONANTES DA SUA EVOLUÇÃO

«Ao fim da tarde, sento-me no paredão do farolim. O mar calmo, a Outra Banda verde, a costa perdida em bruma violeta e o cabedelo entre o rio azul e o mar azul. Atrás de mim acende-se o farol, e na areia um bando de gaivotas aninhadas grasna baixinho. A felicidade é aquilo.»

Raul Brandão, *Os Pescadores*

VII - A ORLA COSTEIRA DO NOROESTE DE PORTUGAL: OS PROCESSOS NATURAIS E ANTRÓPICOS ENQUANTO CONDICIONANTES DA SUA EVOLUÇÃO

VII.1 - INTRODUÇÃO

A faixa costeira portuguesa pode ser subdividida em diversos sectores, em função das suas características geológicas e geomorfológicas (GRANJA, 1995). Um desses sectores é a zona costeira do noroeste de Portugal, situada entre o rio Minho e a serra da Boaviagem/Cabo Mondego (GRANJA e CARVALHO, 1994, 1998, 2000; GRANJA et al., 1999), sendo caracterizada por geoformas geradas durante o Plistocénico e o Holocénico (GRANJA e CARVALHO, 1998, 2000).

As geoformas presentes neste trecho da costa são restingas arenosas enraizadas na margem sul (GRANJA e CARVALHO, 1994), bem como dunas, ilhas-barreiras, estuários, rios, lagunas costeiras, entre outras (GRANJA e CARVALHO, 1998).

O segmento costeiro abrangendo a área do Porto integra-se no subsector compreendido entre a praia de Mindelo e Espinho, onde é possível encontrar, além de formas de abrasão marinha em rochas magmáticas, depósitos marinhos, fluviais e eólicos, cuja cronologia não foi ainda definida (GRANJA e CARVALHO, 1998).

As faixas costeiras têm sofrido, ao longo dos tempos geológicos e históricos, modificações devidas às oscilações eustáticas do nível do mar (Figura VII.1 - 1). A estas pressões unilaterais juntam-se actualmente outras que, actuando em sentido oposto, contribuem para o confinamento e a degradação da orla costeira (Figura VII.1 - 2).

A faixa costeira pode considerar-se uma zona de interface entre o continente, o oceano e a atmosfera, constituindo as inter-relações entre estes diferentes domínios a base do seu equilíbrio (Figura VII.2). Qualquer acção infligida a um dos domínios acarretará consequências para os restantes e, particularmente, para o equilíbrio da faixa costeira.

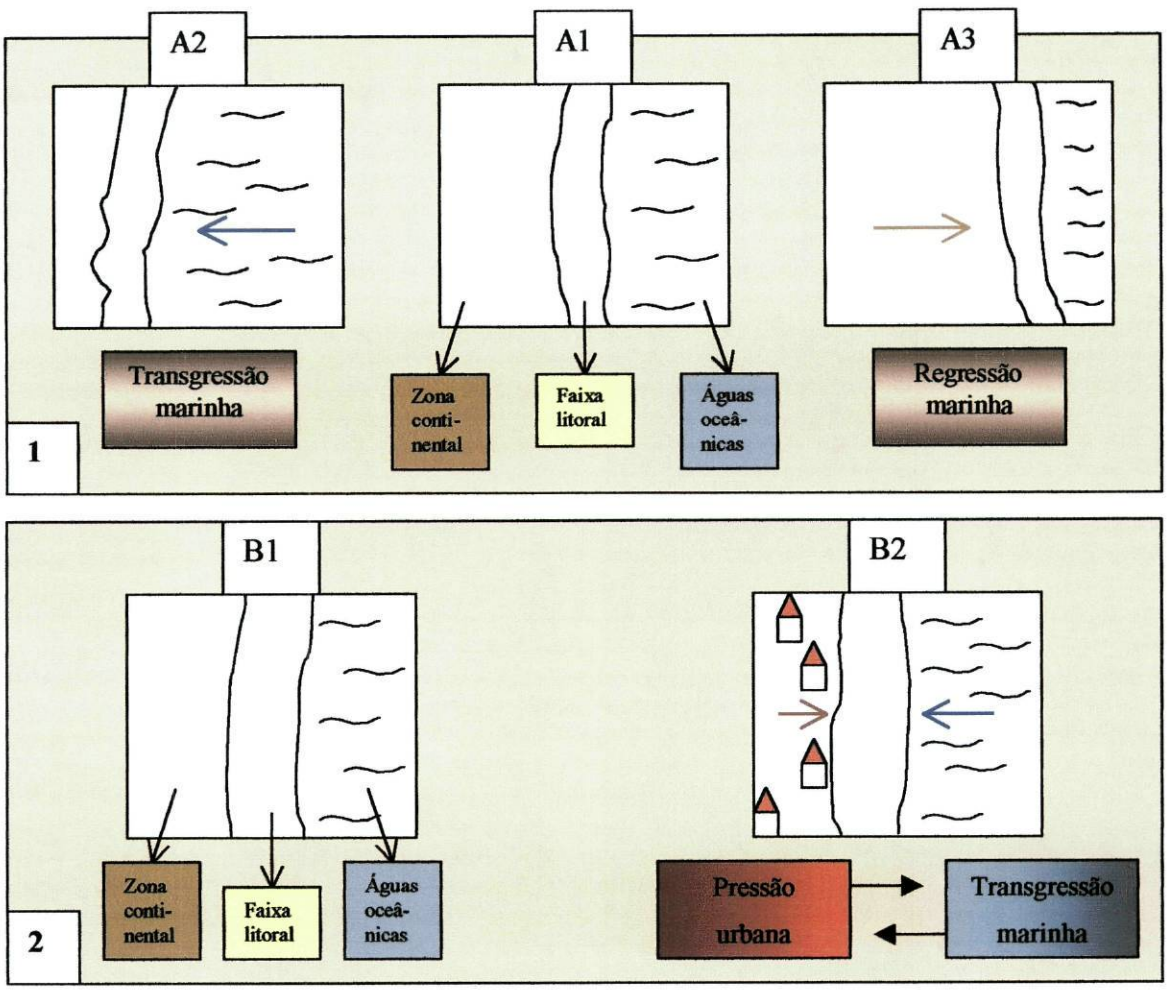


Figura VII.1 - 1 – Deslocamento da faixa costeira (A1) em função de uma transgressão marinha (A2) ou de uma regressão (A3).

2 – Pressões exercidas, actualmente, nas zonas costeiras (B1): avanço das águas oceânicas e acções antrópicas (B2). A resultante destas pressões é responsável pelo confinamento e pela degradação da orla costeira.

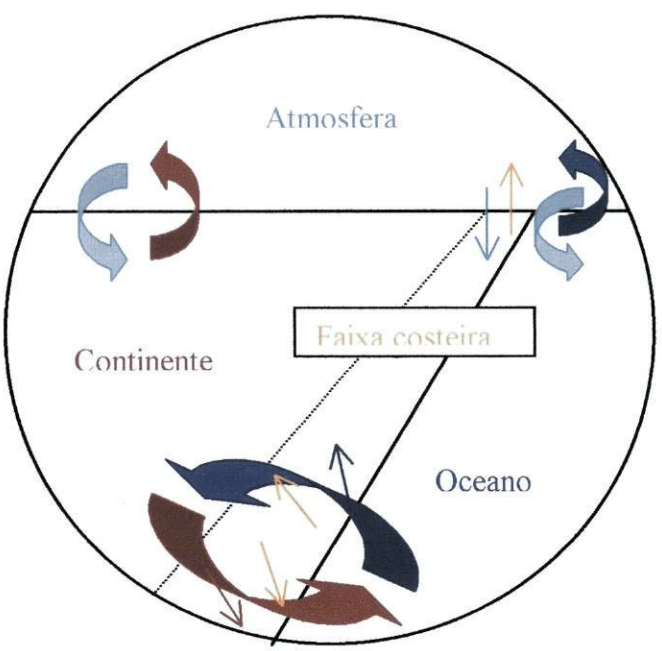


Figura VII.2 - Inter-relações entre os diversos domínios das zonas costeiras. No contacto entre os componentes do sistema são estabelecidas inter-relações. Qualquer intervenção num dos domínios afecta os restantes componentes, reagindo o sistema na tentativa de reencontrar o equilíbrio. Nas faixas costeiras, essa procura de equilíbrio é materializada pela variação da sua posição, entre a zona continental e a zona oceânica.

O património geológico das zonas costeiras reúne sedimentos, litologias diversas e paleoformas que se formaram em contextos ambientais diferentes dos actuais (GRANJA e CARVALHO, 1994, 2000), pelo que uma vez explorados ou danificados, não mais regenerarão. O património biológico é igualmente vasto e os ecossistemas são compostos por habitats ricos e numerosos.

Particularmente nos estuários, devido à sua produtividade orgânica, eles abrangem ambientes de notável riqueza ecológica e económica e de grande beleza paisagística. Constituem áreas húmidas extremamente delicadas para as quais convergem, por um lado, interesses de exploração dos seus recursos naturais e, por outro, a necessidade da sua protecção (CUNHA, et al., 1997).

A biodiversidade e a variedade de ambientes atraem aos ecossistemas costeiros um grande número de organismos, incluindo a espécie humana. No entanto, o homem surge como uma força disruptiva, desequilibrando a dinâmica costeira. Através do rápido crescimento populacional e das consequentes urbanização, industrialização e intervenção litorais, o homem tem impossibilitado a preservação dos equilíbrios ecológicos costeiros. A região litoral, particularmente a faixa costeira, constitui, então, um recurso natural (DIAS, 1990; GRANJA, 1995; GRANJA e CARVALHO, 2000) não renovável (DIAS, 1990; GRANJA e CARVALHO, 1994, 1998), dado o espólio biológico e geológico que exibe.

Actualmente, as zonas costeiras têm evidenciado tendência, a nível mundial, para recuar e, particularmente em Portugal, esta evolução tem sido estudada e quantificada por diversos autores como, por exemplo, OLIVEIRA et al. (1982); GRANJA (1984); DIAS (1984; 1988); BETTENCOURT (1985); TABORDA e DIAS (1988); FERREIRA et al.,(1990); FERREIRA e DIAS (1992); MORNER (1993, 1995, 1996). De facto, a orla costeira, com algumas excepções (GRANJA, 1997, GRANJA e CARVALHO, 1998), encontra-se sujeita a uma acelerada migração das praias para o interior e a um acentuado recuo das arribas (GRANJA e CARVALHO, 1994, 1998, 2000; GRANJA, 1995, 1997).

Existe um número considerável de trabalhos apontando factores ou processos responsáveis pela evolução actual das zonas costeiras, concretamente sobre o recuo da linha de costa, materializado pela migração das praias para o interior e pelo simultâneo recuo das arribas. Regra geral, são apontados factores de ordem natural, incontornáveis pelo homem, bem como factores de origem antrópica, sobre os quais o próprio homem terá que reflectir e actuar, na tentativa de minimizar o seu impacto.

Nesta dissertação defendemos que é o contributo de todos os factores, actuando conjuntamente, o reponsável pela situação evolutiva actual no que respeita à destruição crescente da costa portuguesa, pelo que tentaremos sintetizá-los.

VII.2 - OS PROCESSOS NATURAIS NA EVOLUÇÃO DAS ORLAS COSTEIRAS

Considera-se que a actuação de processos naturais, como as variações eustáticas do nível do mar, ou os relacionados com a morfodinâmica costeira, ou ainda os relativos a fenómenos tectónicos marginais, terão um papel fulcral na actual migração das praias para o interior.

VII.2.1 - AS VARIAÇÕES CLIMATOLÓGICAS E AS OSCILAÇÕES EUSTÁTICAS DO NÍVEL DO MAR

Os climas terrestres dependem do fluxo de energia solar interceptado pelo planeta em função da sua posição relativamente ao Sol, desempenhando as flutuações da actividade solar um papel importante nas alterações climáticas (MASSOUD, 1992).

A ideia de ter havido, ao longo da história geológica, uma evolução do clima da Terra, bem como variações climáticas, surgiu no século XIX (KANDEL, 1990). A ocorrência de alterações climatológicas significativas desde o aparecimento do ser humano é actualmente aceite, considerando-se por exemplo que, há 18000 anos, num período de amplas glaciações, o clima era radicalmente diferente daquele que vigora na actualidade (KANDEL, 1990). As flutuações climáticas podem ser produzidas, igualmente, à escala de algumas centenas de anos (KANDEL, 1990),[121] ou mesmo em períodos de tempo mais curtos, anuais ou sazonais (TABORDA e DIAS, 1988).

Actualmente, as evidências apontam para uma subida do nível médio do mar, resultante de uma fase de aquecimento global que o planeta parece estar a atravessar. As

[121] Por exemplo, a "Pequena Idade do Gelo", que terá sido a última oscilação climática importante com carácter global (LAMB, 1977).

variações climáticas são responsáveis, então, pelo degelo das calotes polares ou pelo seu aumento, condicionando, globalmente, o nível médio das águas oceânicas.

É importante ter em conta que a fusão do gelo glaciar acarreta a subida do nível do mar, mas também que o aumento da temperatura é sempre acompanhado por uma pequena expansão das moléculas de água. Assim, uma grande quantidade de água aquecida provocará uma expansão adicional dos oceanos e, consequentemente, uma maior subida do nível do mar (PRESS e SIEVER, 2000).

As zonas costeiras, porque contactam directamente com as águas marinhas, são muito vulneráveis às oscilações do nível do mar controladas por processos naturais (PRESS e SIEVER, 2000; GRANJA e CARVALHO, 2000), nomeadamente as mudanças climáticas cíclicas, conjugadas com a subsidência ou a deformação tectónica marginal (GRANJA e CARVALHO, 2000).

As causas das variações do nível do mar incluem, além das modificações tectónicas de longo prazo, a hidro-isostasia, as variações no geóide e as alternâncias entre episódios glaciares e interglaciares, particularmente durante o Quaternário (GRANJA, 1990*b*).

VII.2.2 - OS PROCESSOS MORFODINÂMICOS

Os processos morfodinâmicos costeiros como a ondulação, as correntes litorais, as marés, os ventos e as tempestades, exercem forte influência na evolução costeira. A sua acção não está dissociada da oscilação do nível do mar, acompanhando-a ou mesmo complementando-a.

Particularmente no cabedelo da foz do rio Douro, a interacção destes factores é notória e a evolução daquela estrutura, em termos morfo-estruturais e dinâmicos reflecte o jogo de forças actuantes. Nos capítulos VIII e IX abordaremos esta questão com algum pormenor.

VII.2.3 - A DEFORMAÇÃO MARGINAL NEOTECTÓNICA

A evolução actual da tectónica de placas na Península Ibérica revela um historial compressivo durante o passado geológico mais recente, resultante da colisão entre as placas africana e europeia (RIBEIRO, 1994).

Diversos autores tentam corroborar esta ideia através de evidências neotectónicas deduzidas a partir das camadas Plistocénicas e Holocénicas presentes na zona costeira do

noroeste de Portugal (CABRAL e RIBEIRO, 1989; GRANJA et al., 1990; GRANJA, 1990; 1991, 1993, 1996; GRANJA et al., 1992; GRANJA e CARVALHO, 1991, 1992, 1994; 1995; CABRAL, 1993; CARVALHO et al., 1995; GRANJA e GROOT, 1996; GRANJA et al., 1996; CARVALHO e GRANJA, 1997; GRANJA et al., 1999). Tratando-se de períodos geológicos relativamente próximos da actualidade, alguns desses movimentos poderão não ter ainda cessado, ou poderão ter deixado marcas ainda visíveis na configuração actual do relevo (ARAÚJO, 1991).

Os indicadores de neotectónica sugerem que a deformação da zona costeira do noroeste de Portugal foi influenciada pela reactivação de falhas durante o Plistocénico e o Holocénico. Essas falhas evidenciam uma direcção NNW-SSE (GRANJA e CARVALHO, 1994), orientação que também é indicada no Mapa Neotectónico de Portugal (CABRAL e RIBEIRO, 1989; CABRAL, 1993), sendo considerada como resultante de uma reactivação tardi-Varisca durante o Quaternário.

Além das falhas, também a presença de paleovales, além de outras estruturas sedimentares, indica uma deformação marginal da interface continente/oceano que terá controlado os processos de sedimentação na zona costeira, mesmo na actualidade. Essa deformação marginal poderá contribuir, então, para a migração das praias para o interior.

VII.3 - OS PROCESSOS ANTRÓPICOS NA EVOLUÇÃO DAS ORLAS COSTEIRAS

A zona litoral é, desde longa data, explorada pelas suas riquezas biológicas e geológicas constituindo, actualmente, um local de intensa actividade económica e de forte crescimento urbano. Porém, o desenvolvimento subsequente tem implicado uma interferência incauta do homem no ambiente que o rodeia.

No que respeita aos ecossistemas costeiros a problemática torna-se, a cada dia, mais preocupante e de difícil resolução. A situação agrava-se, pois além das acções antrópicas directas, como a exploração de recursos naturais, a ocupação do território de modo desordenado, a intervenção com obras de engenharia pesada e as diferentes formas de poluição desenvolvidas, todas estas acções humanas acarretam, indirectamente, consequências nefastas para o equilíbrio, já de si sensível, das zonas costeiras.

VII.3.1 - AS ACÇÕES DIRECTAS

A degradação costeira, assunto abordado por diferentes autores como, por exemplo, DIAS (1987; 1990); GRANJA (1995, 1997) e GRANJA e CARVALHO (1998, 2000) é promovida por acções de que o pisoteio dunar e a deslocação de veículos todo-o-terreno são exemplos, desencadeando a destruição da cobertura vegetal dunar e facilitando a acção nefasta do vento, bem como os galgamentos durante as marés vivas ou tempestades.

Com o turismo esta situação é agravada, pois essa utilização das praias afecta, em múltiplas vertentes, o equilíbrio costeiro, quer pela enorme afluência populacional, nomeadamente durante o Verão, quer pela incúria ou ignorância dos turistas. Também as trocas comerciais encontraram, nas zonas costeiras, possibilidade de grande expansão, particularmente nas proximidades de embocaduras de rios, como no caso do rio Douro.

Contudo, todo este desenvolvimento levou à necessidade de implantação de estruturas portuárias e incitou numerosas indústrias a instalar-se na proximidade desses portos artificiais. Onde há indústria há necessidade de mão-de-obra, pelo que as zonas litorais constituem pólos de atracção populacional. No entanto, a expansão imobiliária no litoral, legal ou clandestina, mas claramente desordenada, tem destruído a estabilidade da zona costeira, verificando-se uma clara regressão das áreas não construídas.

Esta situação é particularmente grave quando as áreas dunares são afectadas, já que estas constituem uma importante barreira natural contra o avanço do mar.

A zona costeira é também palco de construção de numerosas estradas e é frequentemente assolada por fogos florestais.

A costa constitui ainda a meta final de todos os efluentes terrestres (urbanos e industriais) e de múltiplas poluições marinhas, ameaçando os diversos ecossistemas presentes e, em última instância, o próprio homem e as suas actividades.

Os processos antrópicos interferem, então, com os de ordem natural, modificando a morfologia e afectando, por vezes irreversivelmente, as zonas costeiras (GRANJA, 1990*b*).

VII.3.2 - AS ACÇÕES INDIRECTAS

A evolução actual da costa portuguesa, marcada, em múltiplos dos seus pontos, por uma acentuada migração das praias para o interior, resulta de um episódio transgressivo marinho.

Não negligenciando as causas naturais, o avanço do mar sobre a costa parece, contudo, agravar-se com as acções antrópicas que, de múltiplas formas, afectam o equilíbrio planetário, particularmente o das orlas costeiras continentais.

Para muitos autores, os caudais sólidos dos rios são as principais fontes alimentadoras das praias (MOTA OLIVEIRA et al., 1982; MOTA OLIVEIRA, 1983; VELOSO GOMES, 1993; DIAS, 1997). Por consequência, o avanço do mar sobre a costa é atribuído a uma alimentação sedimentar deficitária, resultante da acção das barragens, responsáveis pela retenção do caudal sólido (OLIVEIRA et al., 1982; OLIVEIRA, 1993; 1997; DIAS, 1987,1990; FERREIRA et al., 1990; MOTA OLIVEIRA, 1990; FERREIRA e DIAS, 1992; TEIXEIRA, 1994; VELOSO GOMES, 1987, 1991, 1993, 1996; DIAS e BOSKI, 1997; DIAS et al., 1997), ou pela diminuição das taxas de erosão devidas ao tipo de florestação das margens fluviais, ou ainda como resultado das obras de engenharia pesada, visando a defesa costeira, como esporões ou quebramares dos portos artificiais (DIAS, 1990; FERREIRA e DIAS, 1992; GRANJA e CARVALHO, 1994; GRANJA, 1995; OLIVEIRA, 1996).

A elevação do nível do mar é também atribuída ao efeito de estufa (DIAS, 1987, 1990; HUGHES, 2000; SKINNER e PORTER, 1987; PURVES et al., 1995; KAUFMANN e FREEDMAN, 2000; PRESS e SIEVER, 2000) resultante da poluição atmosférica ligada à industrialização e à queima dos combustíveis fósseis. O aquecimento global, assim incrementado, tem sido responsável pelo degelo das calotes polares e consequente subida do nível médio das águas oceânicas.

VII.4 - SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS E ALTERNATIVAS PARA O PROBLEMA DA EROSÃO COSTEIRA

A erosão costeira, materializada pela migração das praias para o interior, bem como a destruição e o recuo das arribas, constitui um problema de ordem nacional ou mesmo mundial, pelo que as soluções a impor deverão assumir, igualmente, um carácter global.

Os trabalhos de ordenamento, conservação e desenvolvimento do litoral devem resultar da identificação e da avaliação das múltiplas e distintas forças que actuam na costa, pelo que qualquer intervenção deve ser baseada em dados científicos relativos à morfodinâmica costeira (GRANJA, 1995; GRANJA e CARVALHO, 2000).

VII.4.1 - AS MEDIDAS IMPLEMENTADAS

Em Portugal, existe legislação relativa ao ordenamento urbano costeiro desde 1990 (GRANJA, 1997),[122] embora a sua aplicação tardia, a sua não aplicação e/ou a ausência de controlo efectivo quando aplicada, conduzam ao insucesso dessas regulamentações (GRANJA, 1997).

Em 1993, surgiram os POOC's[123] – Planos de Ordenamento da Orla Costeira – numa tentativa para impor alguma ordem no desenvolvimento da orla costeira (GRANJA, 1997; INAG, 1995).

Os POOC's referem-se à protecção da integridade biofísica da costa, à avaliação dos recursos da orla costeira e à conservação do ambiente (GRANJA, 1995). A sua área de intervenção, englobando as águas marinhas costeiras e as águas interiores, bem como as geoformas adjacentes, abrange uma faixa com o máximo de 500 metros de largura (GRANJA, 1995, 1997; INAG, 1995; GRANJA e CARVALHO, 2000) e até uma profundidade batimétrica de –30 metros (INAG, 1995; GRANJA, 1997). No entanto, a elaboração dos POOC's iniciou-se sem referência a regras técnicas que só foram regulamentadas três anos depois, pelo Decreto-Lei 767/96 de 30 de Dezembro (GRANJA, 1997).

O POOC de Caminha-Espinho envolve os segmentos mais a norte da costa noroeste portuguesa e envolve a área costeira da zona em estudo (GRANJA e CARVALHO, 1998). Porém, a situação de degradação e perda da faixa litoral devida à combinação de processos naturais (subida do nível do mar) e antrópicos (ocupação do território costeiro, destruição dos sistemas dunares, obras de engenharia pesada e exploração de inertes) geraram situações de risco que têm anulado e/ou dificultado todas as tentativas de ordenamento da orla costeira.

As estratégias até agora implementadas têm-se revelado ineficazes, na medida em que o mar continua a avançar sobre as zonas costeiras, fenómeno natural que não pode ser impedido pelo homem. De facto, a adopção de um modelo de protecção recorrendo à construção de esporões, de quebramares e de enrocamentos tem conduzido à interrupção da deriva litoral e, consequentemente, do fornecimento sedimentar.

As obras de engenharia costeira englobam-se em três classes (CASTANHO, 1977): as obras portuárias, as obras de estabilização de embocaduras e as obras de defesa costeira.

---

[122] Nomeadamente o Decreto-Lei 302/90, de 26 de Setembro.

[123] Dando cumprimento ao Decreto-Lei 309/93, de 2 de Setembro.

Se, por um lado, parte destas obras são imprescindíveis para o Homem, como é o caso das estruturas portuárias, outras há que, apesar da denominação, não cumprem os objectivos para os quais foram implementadas. É o caso das obras de protecção costeira que, normalmente, não visam defender a costa mas sim proteger a propriedade pública ou privada (DIAS, 1990).

O sucesso da implantação de obras de protecção costeira transversais (esporões) ou longilitorais (aderentes – paredões, ou destacadas – alguns quebra-mares) depende de factores como o tipo de costa, o clima de agitação marítima, as características da deriva litoral, a quantidade de sedimentos transportados e a frequência dos temporais, entre outros (DIAS, 1990).

De facto, se por um lado as obras de engenharia costeira permitem alguma segurança a barlamar, por outro verifica-se um acentuado recuo para sotamar da estrutura, com adelgaçamento das praias e uma cada vez maior exposição dos afloramentos rochosos (GRANJA, 1997; GRANJA e CARVALHO, 1994, 1998, 2000).

A resolução de alguns problemas parece assim introduzir novos problemas, para os quais se continua a impor erroneamente a mesma solução, procedendo-se à implantação de novas estruturas de pseudo-defesa costeira.

VII.4.2 - AS ALTERNATIVAS

Tendo em conta a complexidade dos fenómenos naturais, biofísicos, económicos, sociais e políticos envolvidos na ocupação humana da faixa costeira em risco de destruição, impõe-se a tomada de medidas efectivas para a resolução dos problemas crescentes ali gerados. Continua escassa a (in)formação pública, incluindo dos decisores e gestores das cidades costeiras (GRANJA, 1997), assim como se carece de uma política nacional para a conservação, incluindo o uso sustentado dos recursos da zona costeira portuguesa (GRANJA, 1997; GRANJA e CARVALHO, 2000).

A orla costeira portuguesa encontra-se, em muitos locais, descaracterizada e artificializada, pelo que as tentativas para a sua estabilização deveriam ser independentes de interesses particulares e políticos, e, pelo contrário, baseadas em dados científicos, e suportadas por uma educação cívica efectiva.

Várias alternativas têm sido referidas, entre as quais:

- a realimentação artificial das praias, através da injecção de volumes de areias que possibilitem a reposição dos quantitativos envolvidos na deriva litoral (DIAS, 1990).
- a continuação de um modelo de protecção baseado em obras de engenharia costeira combinadas com alimentação artificial de praias localizadas a sotamar das estruturas (GRANJA e CARVALHO, 1994; GRANJA, 1995);
- a retirada gradual da zona costeira, efectuada numa perspectiva de desenvolvimento sustentado, convenientemente planeada e baseada em argumentos científicos (GRANJA e CARVALHO, 1994, 1998, 2000).

A primeira alternativa , embora dispendiosa, pode ser mais económica do que a implantação de obras de engenharia costeira, além de menos agressiva para o litoral e mais adequada em termos estéticos (DIAS, 1990).

No que respeita à segunda alternativa, esta só deverá ser aplicada quando os segmentos costeiros afectados não permitam a aplicação da terceira alternativa, dados os interesses económicos e sociais da população local e nacional (GRANJA e CARVALHO, 1994, 2000). Ambas as opções acarretam custos elevados para a sociedade, mas a última alternativa permitirá ao ambiente costeiro uma evolução natural, contra a qual o homem pouco ou nada poderá fazer.

O importante é ter noção de que uma maior degradação das zonas costeiras implicará, num futuro próximo, graves consequências financeiras e sociais (GRANJA, 1997).

...Aqueles que contemplam a beleza da Terra descobrem reservas de resistência que durarão toda a vida. Há uma beleza simbólica e também real na migração das aves, no fluxo e refluxo das marés, no botão fechado pronto para a Primavera.
Há algo de infinitamente salutar nos repetidos refrões da Natureza – a certeza de que após a noite vem a madrugada, e após o Inverno a Primavera.

Rachel Carson (1907-1964)

VIII

GÉNESE, DESENVOLVIMENTO E COMPORTAMENTO MORFODINÂMICO DO CABEDELO

«Já o sol desapareceu e não vi o raio verde. Só reparei nas atitudes para um escultor fixar, nos movimentos admiráveis de presteza e vida, nas grandes linhas gerais.»

Raul Brandão, *Os Pescadores*

VIII – GÉNESE, DESENVOLVIMENTO E COMPORTAMENTO MORFODINÂMICO DO CABEDELO

VIII.1 - INTRODUÇÃO

O Cabedelo corresponde, actualmente, a uma estrutura alongada que, na parte emersa, não ultrapassa a cota de alguns metros. É constituído por sedimentos mais ou menos grosseiros e nele se enraízam alguns blocos rochosos de natureza granítica. Constitui, assim, «uma flecha litoral, ligada à margem Sul (e, em parte, apoiada em rochedos graníticos), que estrangula a saída do rio para o mar e torna a barra extremamente difícil e perigosa para a navegação» (COSTA e TEIXEIRA, 1957, p.7).

Referimos, anteriormente,[124] que os sedimentos presentes no Cabedelo são neotéricos, resultantes da erosão das rochas regionais aflorantes, pelo que são representativos da sua composição mineralógica. Mencionámos, igualmente, a importância do caudal do rio no transporte e deposição daqueles sedimentos na região da foz do Douro, ou mesmo na plataforma continental.

A sedimentação nesta área litoral é condicionada, no entanto, por todo um vasto e complexo conjunto de factores, cuja actuação não pode ser vista isoladamente, mas sim de modo interligado, ou seja, como um todo, constituído por cada uma das suas partes.

Alguns desses factores, mencionados e estudados por autores diversos, são os caudais sólido e líquido debitados pelo rio Douro (condicionados, porventura, pela existência de barragens, pelo tipo de florestação das margens ribeirinhas, etc.), a acção das correntes de deriva litoral, a agitação marítima superficial, a morfologia do fundo da plataforma, a variabilidade climática (cíclica e, portanto, natural, ou resultante do efeito de estufa, induzido pelas actividades humanas) e as alterações do nível médio do mar (de origem

[124] No capítulo VI.3.3.4.

natural e/ou antrópica), a presença de obras costeiras salientes e a realização de dragagens (legais e clandestinas).

Reúne-se, então, a acção de factores de ordem natural e, por conseguinte, incontornáveis, com factores de origem antrópica, aos quais devemos dar a devida importância, reflectindo e tentando actuar no sentido de minorar os seus efeitos num futuro mais ou menos próximo. É o resultado final da actuação destes factores, entre outros, que materializa a formação, o desenvolvimento e a evolução da estrutura arenosa enraizada na margem esquerda da foz do rio Douro, objecto do nosso trabalho – o **Cabedelo**.

VIII.2 – BASES GENÉTICAS DO CABEDELO

O AMBIENTE ESTUARINO, AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS, AS VARIAÇÕES DO NÍVEL MÉDIO DO MAR ASSOCIADAS E A DISPONIBILIDADE SEDIMENTAR

A parte terminal do curso de um rio, abrangendo uma zona de confluência entre águas fluviais e águas marinhas, constitui um estuário. Este é fortemente influenciado pela inversão do sentido das marés, resultando a alternância de fenómenos de erosão e de sedimentação.

Na foz do rio Douro destaca-se a presença de uma restinga ou Cabedelo, acumulação de sedimentos com uma extremidade livre e a outra ligada à faixa litoral.

Segundo SUGUIO (1982), os estuários podem ser considerados como evidências de submergência do continente ou da elevação do nível do mar. De facto, os estuários respondem às oscilações do nível do mar, pois o curso principal do rio tem, no nível do mar, o seu nível de base, em função do qual regula o seu perfil.

Em períodos de elevação do nível do mar, os estuários reduzem o transporte de sedimentos para a plataforma, numa tentativa de adaptação ao novo nível de base (DIAS, 1990). Por consequência, os estuários são convertidos em locais de recepção e de deposição sedimentar e não fornecedores, como se regista em períodos de recuo do mar (ap. DIAS, 1990).

O desenvolvimento de um Cabedelo na foz do rio Douro poderá materializar essa deposição sedimentar.

O Cabedelo parece ter uma génese relativamente recente, ao que tudo indica posterior à última glaciação (FERNANDES, 1996). O último máximo glaciário ter-se-á registado há 18000 anos (DIAS, 1985, 1987; RODRIGUES et al., 1990; RODRIGUES e DIAS, 1990; DIAS et al., 1997), época em que o nível médio do mar se encontrava entre os 130 e os 140 metros abaixo do nível actual (RODRIGUES et al., 1990; DIAS et al., 1997). O limite da linha de costa diferiria, consequentemente, do da actualidade, e o estuário do rio Douro corresponderia, na época, a um troço mais juvenil do rio, já que este deveria desembocar directamente no canhão submarino do Porto (RODRIGUES et al., 1990), como se pode depreender pela análise da Figura VIII.1.

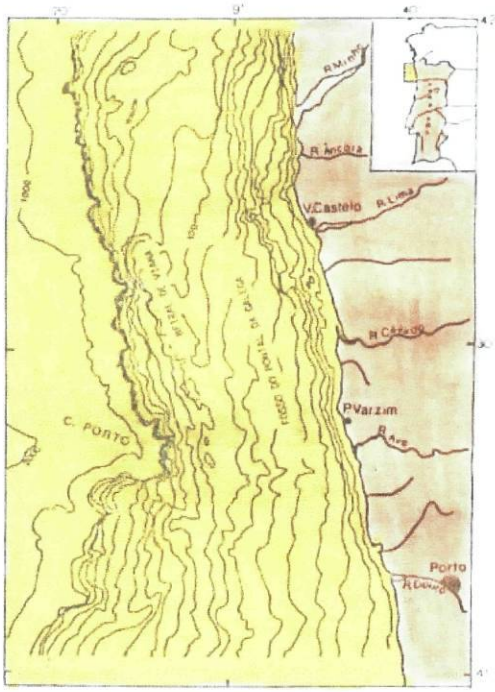


Figura VIII. 1 – Mapa batimétrico abrangendo a zona da plataforma continental, entre os paralelos 41° e 42°. O espaçamento das linhas batimétricas é de 10 metros, estando estas representadas até aos 200 metros de profundidade (segundo RODRIGUES et al., 1990).
É possível fazer uma ideia da evolução da linha de costa, tendo em conta que:
- Há 18000 anos, o nível médio do mar encontrar-se-ia entre os 130 e os 140 metros de profundidade;
- Há 13000 anos aquele nível situar-se-ia nos –100 metros;
- Até aos 11000 anos o mar terá subido, atingindo os 40 metros de profundidade;
- Há 10000 anos encontrar-se-ia a –60 metros, devido a um período de arrefecimento generalizado;
- Até à actualidade, o nível médio do mar terá subido continuamente (RODRIGUES et al., 1990).

Ao longo dos tempos geológicos têm-se verificado oscilações do nível médio do mar, que ficam registadas nas sequências sedimentares das imediações da orla costeira. Essas oscilações são particularmente importantes, pela sua proximidade temporal, durante o Quaternário, nomeadamente no Holocénico (Quadro VIII. 1). Neste período de tempo ocorreram marcadas variações climáticas a nível mundial e alternâncias de períodos glaciais e interglaciais, acompanhados por flutuações eustáticas do nível do mar (KRAFT e CHRZASTOVSKI, 1985) com um claro predomínio dos períodos transgressivos.

As variações do nível médio do mar são motivadas, para além dos episódios glaciais e interglaciais, pela compensação hidro-isostática e pelas modificações da superfície do geóide (DIAS, 1987; GRANJA, 1990*b*), bem como pela tectónica de longo prazo (GRANJA, 1990*b*).

O clima é, então, o principal motor para estas oscilações, cujo mecanismo de actuação é explicado por diversos autores em inúmeros trabalhos como, por exemplo, DIAS et al., (1980/81); DIAS (1985, 1987); DIAS e TABORDA (1988); ARAÚJO (1990); GRANJA (1990*b*); DIAS et al., (1997). De um modo geral, podemos afirmar que as fases de aquecimento do planeta coincidem com períodos de erosão do litoral (transgressão marinha), e as fases de arrefecimento com o abaixamento do nível médio das águas oceânicas (regressão marinha) (ARAÚJO, 1991).

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	CRONOLOGIA
CENOZÓICA	Quaternário	Holocénico	10000 anos
		Plistocénico	1,6 Milhões de anos
	Neogénico	Pliocénico	5,3 Milhões de anos
		Miocénico	23 Milhões de anos
	Paleogénico	Oligocénico	36,5 Milhões de anos
		Eocénico	53 Milhões de anos
		Paleocénico	65 Milhões de anos

Quadro VIII.1 – Quadro Estratégico proposto pela União Internacional das Ciências Geológicas (IUGS), em 1989, para as divisões da Era Cenozóica (retirado de ARAÚJO, 1991).

Não obstante o número de trabalhos publicados, as variações do nível do mar durante o Holocénico são mal conhecidas (DIAS et al., 1997). Contudo, atribui-se aos períodos mais frios uma meteorização mecânica nas regiões temperadas e frias, que terá sido responsável por um aumento do volume dos materiais transportados (ARAÚJO, 1990). De facto, as bacias hidrográficas eram, nessas alturas, mais extensas e a competência dos rios mais elevada, face à intensa erosão flúvio-glaciária e à fusão estival dos gelos. Os fortes caudais hídricos arrastavam grandes caudais sólidos para serem depositados no bordo da plataforma (DIAS, 1987). Por outro lado, durante estas regressões os rios teriam escavado os seus leitos para readquirir o seu perfil de equilíbrio, contribuindo para o abastecimento das zonas litorais (GRANJA, 1990*b*).

Nos estuários, nomeadamente o do rio Douro, em períodos regressivos os depósitos formados durante o período transgressivo anterior, mesmo grosseiros, seriam erodidos e deslocados pela deriva litoral (DIAS, 1987).

Nos períodos mais quentes, com o recuo dos glaciares e a diminuição da precipitação (o que implica uma menor taxa de erosão por escorrência e, portanto, um volume menor de materiais continentais atingindo as zonas costeiras), o nível do mar subiria, destruindo

parte dos depósitos anteriormente formados (ARAÚJO, 1990). Durante as oscilações positivas ou transgressões do nível do mar, regista-se erosão das zonas litorais e assoreamento das embocaduras dos cursos de água (GRANJA, 1990*b*).

Com o estabelecimento das condições oceânicas e atmosféricas semelhantes às actuais, os últimos 5000 a 3000 anos foram caracterizados apenas por pequenas variações climáticas e do nível médio das águas oceânicas, pelo que a configuração da linha de costa se foi aproximando da actual (DIAS, 1990; RODRIGUES et al., 1990). A costa seria predominantemente rochosa e caracterizada por estuários amplos (DIAS et al., 1997).

O rio Douro, longo e vigoroso, transportaria grande quantidade de materiais sólidos que se depositariam na zona de embocadura com o Oceano Atlântico, particularmente em períodos de cheias. Embora se desconheça o momento da intensificação do abastecimento sedimentar, no litoral português, responsável pelas grandes acumulações arenosas costeiras actualmente presentes (DIAS, et al., 1997), poderá ter sido a partir desta altura que ficaram reunidas as condições para que o Cabedelo se pudesse desenvolver na foz do Douro, embora segundo GIRÃO (1941), e MARTINS (1946), no século X apenas existisse uma restinga a sul de Espinho.

Ter-se-á iniciado, então, um período de grande abastecimento sedimentar, nomeadamente na costa Norte portuguesa (DIAS et al., 1997), indício comprovado por DRAGO (1995) e DRAGO et al. (1995), quando referem elevadas taxas de acumulação, neste período, no depósito lodoso presente na plataforma continental (média a externa) ao largo do Porto.

Entre os séculos XI e XV, período designado por Pequeno Óptimo Climático, terá ocorrido uma diminuição de fornecimento sedimentar ao litoral português, acompanhado de uma ligeira elevação do nível do mar (DIAS, 1990). A partir desta altura ter-se-á registado uma nova intensificação do abastecimento sedimentar, para a qual terá contribuído uma cada vez maior interferência antrópica, situação que se terá prolongado entre os séculos XVI e XIX, num período conhecido por Pequena Idade do Gelo.

Segundo CARVALHO (1999), é apenas a partir do século XVI que a restinga do estuário do rio Douro aparece cartografada.[125]

[125] Referimo-nos a essa época, nesta dissertação, quando dedicámos algumas palavras a D. Miguel da Silva (ver capítulo III.3.2), numa síntese da sua actuação perante a periculosidade da barra do Douro. Destacámos, igualmente, exemplares da Cartografia Histórica desta região (ver capítulo V), sendo, no entanto, o primeiro exemplar referido datado do século XVII, pelo facto de constituir, ao que tudo indica, uma das primeiras representações pormenorizadas da foz do rio Douro (ver **APÊNDICE 6-A**).

O forte assoreamento que se fez sentir, nesta altura, na orla costeira portuguesa terá resultado da convergência de alguns factores, nomeadamente a variação climática (Pequena Idade do Gelo) e a diminuição do nível médio do mar associada, bem como a acções antrópicas de diferentes tipos, nomeadamente desflorestações intensas, a expansão da agricultura e o aumento da capacidade de interferência nos sistemas naturais (DIAS et al., 1997).

O século XX foi marcado por uma transgressão marinha contínua, induzida quer pela subida do nível médio do mar (TABORDA e DIAS, 1988; 1992; DIAS e TABORDA, 1988), quer pelas acções antrópicas infligidas nas bacias hidrográficas e nas zonas costeiras (DIAS, 1990). São diversos os trabalhos que referem as taxas de recuo da linha de costa, como os de DIAS e TABORDA (1988); FERREIRA et al. (1990); ANDRADE (1990) e FERREIRA (1993).

Nos primeiros anos do século XXI são fortes os indícios de que prossegue o avanço do mar sobre a orla costeira.

Não obstante a costa portuguesa se encontrar sob influência de fenómenos erosivos contínuos, cuja causa maior parece ser a falta de fornecimento sedimentar verifica-se, em algumas zonas da costa portuguesa, a ocorrência de assoreamentos, nomeadamente em estuários de rios como é o caso do cabedelo da foz do rio Douro. Esta situação deve-se, segundo DIAS et al., (1997), a quatro factores principais:

- implantação de barragens – regularizadoras do caudal líquido e possíveis aprisionadoras de caudal sólido, tendo sido reduzidos os efeitos erosivo e desassoreador das cheias no estuário do Douro (ver capítulos I.5.2 e I.5.3).
- subida do nível médio do mar – a possível subida do mar registada actualmente provoca assoreamento dos estuários já que, na tentativa de atingir o equilíbrio relativamente ao novo nível de base, os estuários têm tendência a regredir para montante.
- Acções antrópicas nas bacias hidrográficas – a desflorestação e as actividades agrícolas produzem sedimentos que ficam aprisionados nas barragens, embora as partículas em suspensão acabem por sedimentar no estuário.
- Dragagens no estuário e no curso do rio – retiram sedimentos fundamentais para a alimentação da orla costeira, que contrariariam o avanço do mar, mas localmente remobilizam grandes quantidades de materiais finos que acabam por depositar no próprio estuário.

VIII.3 - DESENVOLVIMENTO E POSICIONAMENTO DO CABEDELO

O Cabedelo constitui uma forma litoral dotada de dinâmica e evolução próprias, adaptando-se à influência dos diversos factores que, ao longo dos tempos, têm exercido nela fortes pressões. No capítulo VIII.2 abordámos o papel das variações climáticas e do nível do mar na formação do Cabedelo. Analisemos, agora, com algum pormenor, outros factores supracitados, dada a sua importância no desenvolvimento e no posicionamento do cabedelo da foz do Douro.

VIII.3.1 - OS CAUDAIS SÓLIDO E LÍQUIDO DEBITADOS PELO RIO DOURO

O Cabedelo foi, em tempos, o prolongamento de uma praia contínua existente para sul. Essa morfologia ainda é visível na cartografia dos anos 30 do século transato (Figura VIII.2), embora trabalhos cartográficos posteriores evidenciem a destruição daquelas praias e a migração da restinga dominantemente para montante, exibindo massas rochosas que, anteriormente, se encontravam cobertas por sedimentos.

Figura VIII.2 – Extracto da Carta Corográfica de Portugal, Folha 9-C, na escala 1:50000, do Instituto Geográfico e Cadastral, do ano de 1935. **Escala da figura – 1:70400, aproximadamente.**

O caudal sólido transportado pelos rios, de que o rio Douro é um exemplo, é considerado, por muitos autores, a principal fonte de sedimentos necessários para alimentar a orla costeira, impedindo, ou pelo menos retardando, a acção nefasta do mar, traduzida pelo fenómeno da erosão costeira. FERREIRA et al., (1988), OLIVEIRA (1983), OLIVEIRA et al., (1982), VELOSO GOMES (1993) e DIAS et al., (1997) são alguns dos investigadores que abordam, nos seus trabalhos, esta temática.

O rio Douro é o principal abastecedor sedimentar da costa Norte portuguesa (DIAS et al., 1997). No entanto, o rio parece não debitar, actualmente, o volume de sedimentos capazes de alimentar, não apenas as proximidades da foz do rio e o Cabedelo, mas também toda a orla litoral para Sul, pelo menos até à zona do Cabo Mondego.

A situação actual, no que respeita aos valores do caudal sólido transportado pelo rio Douro torna-se, no entanto, a cada dia, mais preocupante. Por exemplo, OLIVEIRA et al. (1982) estimaram que o rio debitaria, em regime natural, 1,8 milhões de m^3/ano, valor reduzido para 0,25 milhões de m^3/ano após a conclusão das obras de regularização previstas, naquela época, para o curso do Douro.

A presença de barragens, a realização desenfreada de dragagens,[126] o tipo de agricultura desenvolvido nas margens do Douro e mesmo o clima verificado na bacia hidrográfica do rio Douro durante o último século, parecem ser os principais factores que induziram uma redução dos sedimentos erodidos e transportados pelo rio Douro.

É um facto que o clima, ao longo do século XX, em termos gerais se revelou relativamente seco em comparação com épocas anteriores. Uma menor quantidade de precipitação implica uma erosão mais reduzida e, portanto, uma diminuição da quantidade de sedimentos formados.

Também a urbanização crescente das zonas ribeirinhas, as obras de regularização do canal fluvial e o tipo de agricultura desenvolvida ao longo das margens do rio Douro, com aproveitamento de toda a área disponível e a implantação de socalcos para produção de castas (a partir das quais se elabora o afamado Vinho do Porto), reduzem a capacidade erosiva pela acção das chuvas, do vento e das águas do próprio rio.

Segundo DIAS (1990), em consequência das barragens construídas ao longo do século XX registou-se uma redução, em mais de 85%, das áreas directamente drenadas para a costa portuguesa.

---

[126] Ao longo do seu curso e, particularmente, no seu estuário, como se refere no capítulo VIII.3.5.

As diversas barragens presentes ao longo do curso do Douro[127] exercem, inevitavelmente, marcada influência na quantidade de sedimentos que, naturalmente, poderiam atingir a foz do rio, alimentando-a. Efectivamente, além da regularização do caudal, elas aprisionam carga sólida e parecem impor um corte significativo na velocidade do caudal fluvial necessário para o transporte daquele material.

VIII.3.2 - AS OBRAS COSTEIRAS E AS ESTRUTURAS PORTUÁRIAS

A acção das obras costeiras, como é o caso dos molhes e dos portos artificiais, não pode ser desprezada, já que a sua presença interrompe a deriva litoral, induzindo, a sotamar, recuos significativos da linha de costa. Por conseguinte, não podemos negligenciar a acção da mega-estrutura do porto artificial de Leixões na evolução da orla costeira limítrofe. A implantação deste porto mercantil terá implicado, ao longo das suas diversas fases de construção,[128] uma redução crescente no acarreio sedimentar proveniente de Norte (PEIXEIRO e SILVA, 1999).

Embora esta estrutura portuária exerça funções desde finais do século XIX, os dados cartográficos existentes permitem verificar a migração da restinga para montante, pelo menos durante os meados daquele século, motivo pelo qual poderíamos ser levados a pensar que o porto de Leixões estaria ilibado dos fenómenos de erosão costeira e da migração da restinga (CARVALHO, 1999).

A análise da Figura VIII.3 permite verificar, segundo este autor, um forte incremento na migração do Cabedelo a partir dos meados do século XX, situação que pode denunciar alguma influência do porto de Leixões na aceleração do processo de erosão desta área.

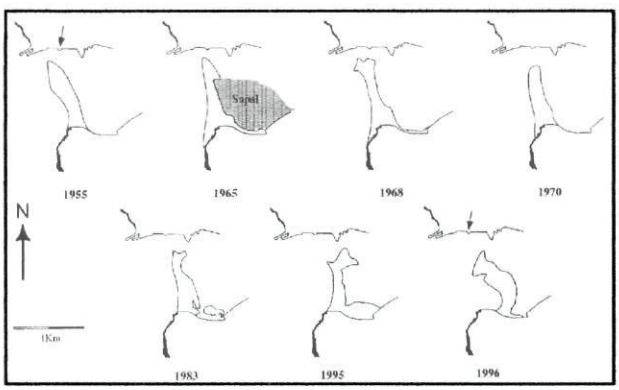


Figura VIII.3 – Migração do Cabedelo do rio Douro para o interior do estuário, desde 1955 até 1996, de acordo com a comparação de fotografias aéreas verticais (CARVALHO, 1999).

[127] Ver capítulos I.5.2 e I.5.3.
[128] Ver capítulo III.5.

VIII.3.3 – ACÇÃO DO VENTO E DAS CORRENTES DOMINANTES RESPONSÁVEIS PELA DERIVA SEDIMENTAR NA COSTA OESTE PORTUGUESA - A ONDULAÇÃO E AS MARÉS

Uma restinga desenvolve-se no sentido da corrente longitudinal dominante na faixa litoral onde se enraíza (CARVALHO, 1985). Em todas as representações cartográficas apresentadas (ver Capítulo V e **APÊNDICE 6**), a restinga do Cabedelo surge-nos implantada na margem esquerda do estuário, com orientação aproximada de Norte/Sul (Figura VIII.4), embora a sua morfologia e o seu posicionamento sejam variáveis no tempo.

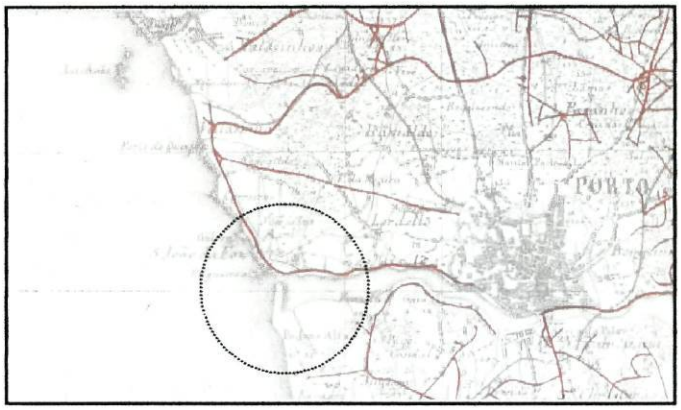


Figura VIII.4 - Excerto da Carta Topográfica nº7 , na escala 1:100000, da Direcção Geral de Trabalhos do Reino (in CLETO, 1998).
Notar a configuração e o posicionamento do Cabedelo da foz do Douro.

As correntes longitudinais são um dos tipos das correntes derivadas da deformação da ondulação definidas por CARVALHO (1985), responsáveis pelo transporte sólido ao longo das zonas costeiras. O esquema da Figura VIII.5 mostra a sua formação permitindo, igualmente, deduzir o sentido dominante da deriva litoral na costa Oeste do nosso país.

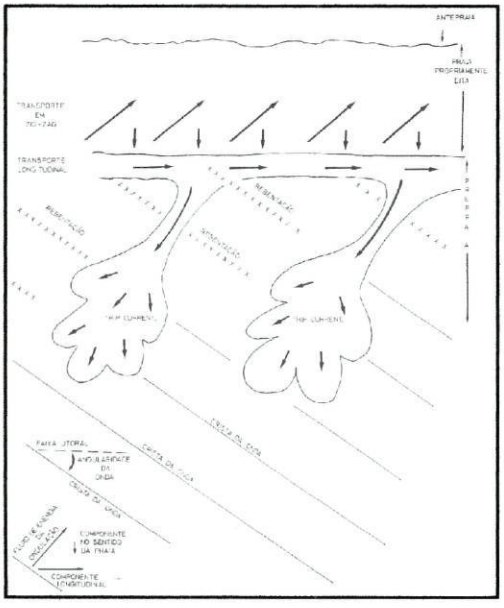


Figura VIII.5 - Correntes derivadas da deformação da ondulação [correntes longitudinais, de retorno (*rip-currents*) e em zig-zag]. A formação destas correntes depende da obliquidade da ondulação (in CARVALHO, 1985).

A rebentação das ondas liberta energia capaz de movimentar os sedimentos da zona litoral. Com as cristas das ondas oblíquas em relação à direcção da praia (ângulo inferior a 90º), geram-se duas correntes responsáveis pelo movimento dos

sedimentos ao longo da orla costeira (CARVALHO, 1985):

- corrente longitudinal – actua entre a zona de rebentação e a praia;
- corrente do jacto de rebentação – actua em forma de zig-zag na praia propriamente dita.

O fluxo e o refluxo das ondas são responsáveis pela deslocação de parte dos sedimentos perpendicularmente à direcção de ondulação, gerando um outro tipo de corrente – corrente de retorno (*rip current*). Por exemplo, as correntes de refluxo de maré são responsáveis pelo elevado transporte, para o estuário e para a plataforma, dos aluviões carreados pelo rio.

O estuário do rio Douro está longe de ser amplo, pelo que as águas deste curso fluvial são afectadas pelas marés. A amplitude destas é maior no Verão do que no Inverno, aumentando em marés vivas e diminuindo em marés mortas.

No Inverno, em plena enchente, as correntes, dominantemente descendentes, arrastam os sedimentos para fora da barra. No Verão, por vezes a corrente de maré domina a corrente fluvial, obrigando-a a deslocar-se pelos fundos, nomeadamente próximo da margem direita (OLIVEIRA, 1973). Este escoamento permite uma acção de dragagem bastante importante, na medida em que neste período o rio é dotado de menor potência.

A acção do vento condiciona o desenvolvimento e a direcção da ondulação, bem como da agitação marítima. Efectivamente, os ventos, dotados de determinada direcção e velocidade, influenciam a deslocação das areias submersas, nomeadamente ao imprimir uma determinada orientação à ondulação e à respectiva rebentação. A dinâmica destes processos sofre, no entanto, contínuas alterações, pelo facto de a topografia dos fundos marinhos condicionar a resultante final desses movimentos.

No que respeita ao regime de transporte ao longo do ano, podemos considerar dois períodos. De Maio a Outubro, a deslocação de materiais é mais ténue, embora se efectue persistentemente para Sul. De Novembro a Abril, o transporte sedimentar é evidente em ambos os sentidos, alternando frequentemente, embora a resultante global deste período se dirija, normalmente, para Norte (VICENTE, 1990).

Segundo ABECASSIS (1994) existe transporte litoral potencial entre as direcções NW-SW, com predomínio de Norte para Sul, podendo atingir valores até 10^6 m^3 por ano. O transporte litoral actual é, no entanto, muito inferior ao potencial, dada a diminuição das fontes sedimentares e aos obstáculos que quebram a deslocação dos sedimentos sob a acção da ondulação (ABECASSIS, 1994).

O volume de sedimentos deslocados, bem como o sentido do seu transporte, dependem das características do regime de agitação e da dissipação da sua energia ao longo da costa.

A resultante anual da energia dissipada tem uma componente para Sul, já que dominam os rumos de agitação do quadrante Norte-Oeste (VICENTE, 1990) e ondulações predominantes do mesmo quadrante, embora, na costa portuguesa actuem ondas com direcções desde NW até SW (ABECASSIS, 1994). Consequentemente, a deriva litoral, de acordo com o exposto anteriormente, desenrola-se, nesta região, predominantemente de Norte para Sul. Contudo, há segmentos da orla costeira em que ela muda de sentido, existindo, então, áreas de inversão da deriva sedimentar (CARVALHO, 1999)

VIII.3.4 – INVERSÃO DA DERIVA LITORAL

A inversão da deriva litoral poderá estar relacionada, entre outros factores, com a presença de obras portuárias ou de defesa costeira (CARVALHO, 1999), que interceptam a deriva sedimentar, afectando o modo como a movimentação dos sedimentos se processa.

Não podemos negligenciar, então, o papel que o porto de Leixões e os molhes da região possam exercer nas imediações da foz do rio Douro.

Verifica-se que do lado donde vem a deriva (barlamar) se gera acreção e, no lado oposto (sotamar), regista-se erosão, por vezes acentuada (CARVALHO, 1999). É fácil verificar esta situação através da análise de cartografia ou de fotografias aéreas (Figura VIII.6). Resulta, assim, uma série de descontinuidades ou, pelo menos, de interrupções na distribuição dos materiais sedimentares, ao longo da nossa orla costeira. Consequentemente, se as águas do oceano Atlântico não encontrarem uma barreira sedimentar que trave a sua impetuosidade, investirão na faixa costeira, erodindo-a.

Outras evidências que parecem comprovar a presença de inversão da deriva litoral na região da foz do Douro são indicadas por CARVALHO (1999), nomeadamente a existência de tômbolos e de praias em cunha (revelando diferentes sentidos de deriva), a localização e o sentido de desenvolvimento do Cabedelo, bem como a sua possível migração, além de outros factores, como a acentuada erosão costeira, com consequente exposição de blocos rochosos.[129]

[129] Nesta fase da dissertação importa analisar mais cuidadosamente as duas primeiras evidências, já que a terceira foi abordada em capítulo próprio, pela importância e vastidão do tema em que se insere: a erosão costeira.(Ver capítulo VII).

VIII.3.4.1 – Praias em Cunha e Tômbolos

Referiremos três praias com morfologia em cunha, estudadas por CARVALHO (1999), cujo desenvolvimento individual permite deduzir algo sobre o sentido da deriva litoral na área em que se encontram. A análise do conjunto permite inferir sobre a existência de uma área de inversão sedimentar. Trata-se das praias de Leça da Palmeira e de Matosinhos, situadas para Norte e para Sul dos molhes Norte e Sul do porto de Leixões, respectivamente (Figura VIII.6 a)), e a praia da Madalena, localizada a Sul de Lavadores (Figura VIII.6 b)).

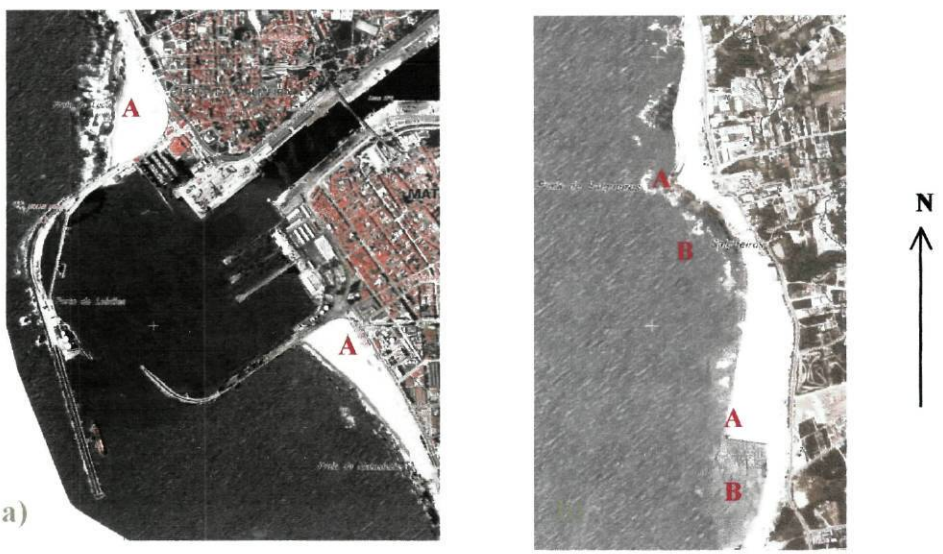


Figura VIII.6 – **a)** Pormenor da Ortofotocarta de Portugal, nº122-IV (IGEOE, 1998*a*), representando o porto de Leixões, a Norte da foz do Douro. Escala 1: 34840. **b)** Pormenor da Ortofotocarta de Portugal, nº122-III (IGEOE, 1998*b*), para Sul da foz do Douro. Escala 1: 28000.
Na ortofotocarta b) são bem evidentes os fenómenos da acreção (a barlamar, A) e da erosão da costa (a sotamar, B) onde se encontram presentes barreiras, quer naturais, quer artificiais. Na ortofotocarta a) domina o fenómeno da acreção (A) quer para Norte, quer para Sul do porto de Leixões.

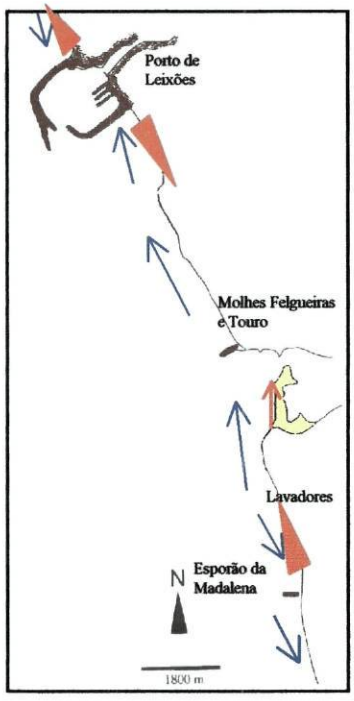
- A praia de Leça formou-se imediatamente para fora do quebramar Norte do porto de Leixões, estreitando à medida que se afasta dele.
- A praia de Matosinhos, encostada ao quebramar Sul do porto de Leixões tem, igualmente, a sua largura máxima junto do quebramar, adelgaçando para Sul até próximo do Castelo do Queijo. Nesta zona, a erosão acentuada tem vindo a expor cada vez mais afloramentos rochosos.
- A praia da Madalena encontra-se encostada a um esporão com o mesmo nome, atingindo a sua espessura máxima no lado Norte daquela obra costeira. Verifica-se, igualmente, que a largura da praia diminui na direcção da praia de Salgueiros, para Norte, e que do lado Sul do esporão, a praia sofreu acentuado emagrecimento.

A faixa costeira dos arredores da zona objecto de estudo para esta dissertação evidencia afloramentos rochosos em número crescente, face à retirada da cobertura sedimentar pela acção erosiva imposta, principalmente, pelas águas do Atlântico. Verifica-se, consequentemente, a Sul de Lavadores, a existência de tômbolos, formando uma praia em cunha. Esta praia alarga até à praia de Salgueiros, adelgaçando para Sul até a faixa arenosa começar a alargar novamente na praia em cunha da Madalena.

VIII.3.4.2 – Orientação da Restinga da Foz do Douro

O cabedelo presente na foz do rio Douro, implantado na margem esquerda do seu estuário evidencia, desde há vários séculos, uma orientação predominante Norte/Sul, e uma tendência do seu desenvolvimento de Sul para Norte. Esta estrutura arenosa tem migrado para montante e para jusante, situação que abordaremos com maior pormenor no capítulo VIII.3.6.

O transporte de aluviões efectuado pelo rio Douro é contínuo, embora com flutuações ao longo do ano, particularmente se houver registo de cheias.[130] Nessas alturas, o caudal sólido aumenta significativamente.[131]



As massas aluvionares depositadas, após um longo transporte, na parte terminal do vale do rio Douro, e também para Oeste da foz, na plataforma continental, formam bancos de areia que, ao longo do ano e em função dos ventos dominantes, a ondulação marítima e as marés deslocam novamente para o continente ou são arrastados para zonas mais profundas.

Figura VIII.7 – A deriva sedimentar na área envolvente à foz do Douro, entre o porto de Leixões e a praia da Madalena. A área de inversão localiza-se em Lavadores (CARVALHO, 1999).

[130] Ver capítulo II e **APÊNDICE 1**.

[131] Para que se forme uma enchente é necessário um aumento significativo do caudal fluvial, capaz de arrastar consigo uma maior quantidade de carga sólida. O Quadro 1-C do **APÊNDICE 1** indica os caudais registados em Crestuma durante diversas cheias ocorridas ao longo do século XX. O **ANEXO 3** evidencia, igualmente, alguns caudais correspondentes a cheias desenvolvidas durante o Inverno de 2001 e 2003.

Aos sedimentos de origem fluvial podemos, eventualmente, adicionar o contributo dos sedimentos mobilizados nos fundos marinhos e ainda os resultantes da erosão de depósitos e/ou de rochas regionais (CARVALHO, 1985).

A Figura VIII.7 reúne todos os dados expostos, permitindo-nos concluir sobre o desenrolar da deriva sedimentar na região da foz do rio Douro.

Por tudo o que foi referido anteriormente, podemos afirmar que o sentido da deriva sedimentar se desenvolve dominantemente de Norte para Sul, tendo em conta a morfologia da praia de Leça. A mesma situação ocorre claramente na praia da Madalena e no troço litoral desde Lavadores até à praia de Salgueiros (para Sul do Cabedelo). No entanto, quer na zona do Cabedelo, quer na praia de Matosinhos, a deposição parece efectuar-se de Sul para Norte, o que nos leva a afirmar que a deriva litoral se processa nesse sentido.

Segundo CARVALHO (1999), a área de inversão da deriva sedimentar localiza-se em Lavadores, na zona conhecida por «Casa-Branca».

VIII.3.4.3 – Sobrelevação do Nível do Mar

Um outro factor que parece induzir deriva sedimentar de Sul para Norte ao longo do Cabedelo é a presença de sobrelevação do nível do mar (GND, 1991). Esta é gerada pela diferença de altura na ondulação vigente na parte Sul do Cabedelo e na zona da embocadura, entre a extremidade Norte da restinga e a Avenida D. Carlos I, na cidade do Porto.

A Figura VIII.8 esquematiza as direcções principais da ondulação e a consequente deriva sedimentar.

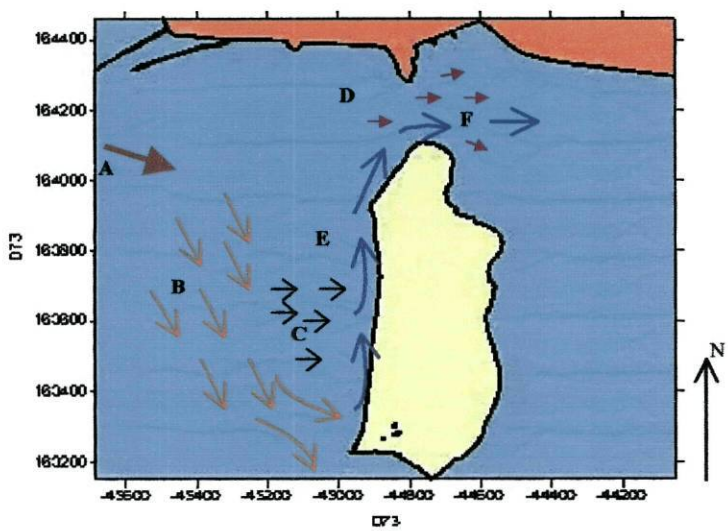


Figura VIII.8 - O esquema mostra o transporte sedimentar por acção da ondulação ao largo e ao longo do Cabedelo (Adaptado de GND, 1991).

A – Direcção principal da ondulação
B – Transporte pelas correntes longitudinais
C – Transporte por ondas isoladas
D – Rebentamento praticamente inexistente na embocadura do Cabedelo
E – Transporte por correntes de sobrelevação
F – Transporte por pequenas ondas durante a maré enchente

A ondulação que atinge a costa portuguesa na região da foz do rio Douro provém, dominantemente, do octante W-NW - (A). As refracções sofridas pela ondulação devido à presença de obstáculos (bancos de areia, rochas submersas e estruturas salientes na costa, como o porto de Leixões e os molhes de Felgueiras e do Touro, por exemplo) geram correntes longitudinais - (B) - responsáveis pelo transporte, para Sul, de quantidades apreciáveis de sedimentos.

Algumas ondas mais fortes - (C) - mantêm a direcção de propagação, movimentando areias directamente para o Cabedelo. Seria de esperar que, ao longo desta estrutura arenosa o transporte sedimentar se registasse dominantemente para Sul. Esta situação, no entanto, não se verifica. Existe rebentamento da ondulação, por vezes forte, ao longo do Cabedelo, mas ela é praticamente inexistente na zona de embocadura - (D).

Assim, para Sul das pedras «Fogamanadas» o nível do mar será mais elevado do que para Norte daqueles escolhos. Numa tentativa de compensação, a sobrelevação gera, então, correntes de Sul para Norte, responsáveis por transporte sedimentar considerável - (E).

Ondulações que consigam atingir a cabeça do Cabedelo, nomeadamente durante a maré enchente, poderão deslocar os sedimentos para montante da estrutura arenosa - (F).

A sobrelevação do nível do mar pode também acentuar, em caso de tempestades, a destruição do Cabedelo (DIAS, 1987). São diversos os autores que avaliam, nos seus trabalhos, o fenómeno da sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica ("storm surge"). MORAIS e ABECASSIS (1978), TABORDA e DIAS (1992), GAMA et al. (1994), GAMA et al., (1995) estudam e quantificam a sobrelevação do nível do mar em diferentes pontos da costa portuguesa. As tempestades, quando acompanhadas por ventos fortes provenientes do mar, têm como efeito uma elevação do nível marítimo próximo do continente. O fenómeno da sobrelevação do nível do mar depende, então, de factores maregráficos, meteorológicos e oceanográficos, como é o caso da pressão atmosférica (o seu aumento deprime a superfície do oceano e a sua diminuição gera a sua expansão),[132] da intensidade do vento, das marés previstas e registadas, das alturas significativas das ondas e do período de ondulação.

[132] ARAÚJO, 1991.

VIII.3.5 – A EXTRACÇÃO DE INERTES

Os dados relativos às dragagens efectuadas ao longo do curso do Douro e, particularmente, na sua barra, são deveras problemáticos. Acrescem as preocupações se tivermos em conta que os valores declarados poderão não ser os reais.

É do conhecimento geral que as dragagens clandestinas existem, sendo responsáveis pela extracção de quantidades apreciáveis de inertes cuja utilização se destina, essencialmente, à construção civil. Além destas, ao longo do rio são desenvolvidas extracções para facilitar as condições de navegabilidade. (GND, 1991; PEIXEIRO e SILVA, 1999).

VIII.3.5.1 – AS DRAGAGENS NO DOURO E NA SUA BARRA

Na barra do Douro esta actividade tem sido realizada principalmente na extremidade Norte do Cabedelo, já que é ela que condiciona mais o canal de navegação e porque é nesta zona que se registam as maiores variações na morfologia da estrutura, em função da actuação de diversos factores, como já foi referido anteriormente.

O objectivo destas dragagens é manter um canal navegável suficientemente largo entre o Cabedelo e a parede vertical ao longo da Avenida D. Carlos I (GND, 1991).

O Quadro VIII.2 e a Figura VIII.9 reúnem os volumes anuais de dragagens efectuadas no rio Douro, desde 1959 até 1999.

Ano	Período de Dragagem	Volumes Dragados (m^3)
1959	Abril – Outubro	53353
1960	Maio – Setembro	55300
1961	Julho – Novembro	66230
1962	Fevereiro – Junho	26383

Quadro VIII.2 – Volumes dragados ao longo do canal do rio Douro, entre 1959 e 1962. (Adaptado de IHRH, 1989).

É importante ter em conta que, embora seja imprevisível a sua ocorrência, as correntes fluviais mais fortes têm capacidade para dragar naturalmente os sedimentos acumulados ao longo do curso do rio e, particularmente, na sua foz.

Assim, se as dragagens têm de ser efectuadas para garantir a navegabilidade na barra do Douro, elas deverão depender do volume e da forma do Cabedelo desenvolvidos durante as estações anteriores (GND, 1991), evitando-se a extracção de material que pode ser dragado naturalmente. Por exemplo, em 1990 não foram efectuadas dragagens (Figura

VIII.9) pois o caudal do rio arrastou naturalmente o excesso de sedimentos durante a cheia de Dezembro de 1989.[133]

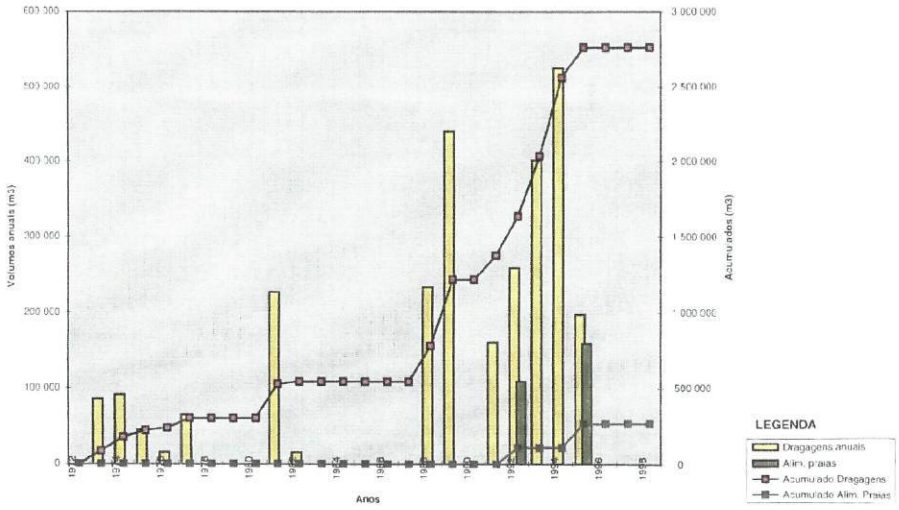


Figura VIII.9 - Dragagens efectuadas na barra do Douro, entre 1972 e 1999 (in BROGUEIRA DIAS e COUTINHO, 1999).

Nas primeiras décadas do século XX, na ausência de barragens e sem o incremento da extracção de inertes para a construção civil, o rio Douro debitaria $0{,}9\times10^6$ m^3 de areia por ano (PEIXEIRO e SILVA, 1999).[134] Após a implantação da barragem de Crestuma, em 1985, esse débito nunca terá ultrapassado $0{,}25\times10^6$ m^3/ano (OLIVEIRA et al., 1982), valor que se terá mantido até à actualidade.

Dado que os volumes de sedimentos transportados pelos rios parecem ser cada vez menores, as extracções crescentes vêm agravar a situação do litoral português no que respeita à erosão costeira. Particularmente no Cabedelo, as dragagens efectuadas mostraram-se inconvenientes para a sua estabilidade, face aos elevados volumes de areia extraídos da unidade fisiográfica, praticamente fechada, que define a foz do rio Douro (APDL, 1996).

Também vários projectos e estudos para melhoramento da acessibilidade à barra incluem a execução de dragagens durante e após a conclusão da obra proposta.[135] As dragagens parecem tomar, assim, carácter permanente, implicando uma redução persistente dos sedimentos presentes na barra do Douro.

[133] Ver Quadro 1-C do **APÊNDICE 1.**

[134] Cf. OLIVEIRA et al. (1982), mencionados no capítulo VIII.3.1, quando referem valores da ordem dos 1,8 milhões de m^3/ano.

[135] Ver capítulo IV.

VIII.3.5.2 – DRAGAGENS NO PORTO DE LEIXÕES

A localização do porto artificial de Leixões poderá, igualmente, dificultar o encaminhamento natural das areias, de Norte para Sul, ao longo da costa portuguesa, na medida em que funciona como uma barreira, interrompendo o transporte sedimentar.

PEIXEIRO e SILVA (1999) referem que valores de 0,15 a $0{,}18\times10^6$ m^3/ano, correspondentes ao acarreio sedimentar proveniente de Norte, terão sido anulados pela construção do molhe Norte do porto de Leixões.

Embora haja registos de invasões do mar em épocas anteriores à construção do porto de Leixões e das barragens no rio Douro como, por exemplo, as ocorridas em 1834, 1864, 1871 e 1874 (BROGUEIRA DIAS e COUTINHO, 1999; CARVALHO, 1999), não podemos negligenciar o papel daquelas estruturas na evolução actual da faixa costeira, enquanto barreiras ao transporte sedimentar. Não sendo, com certeza, factores únicos, teremos de considerá-las, no entanto, como factores agravantes da situação erosiva da orla costeira nacional, especialmente até à zona do Cabo Mondego.

Além disso decorrem, no porto de Leixões, dragagens de manutenção, praticamente desde a primeira fase de implantação da obra, em finais do século XIX (OLIVEIRA et al., 1999).

Com as ampliações do porto verificadas ao longo do século XX,[136] os sedimentos aprisionados por esta mega-estrutura também aumentaram. Por consequência, os volumes de materiais removidos nas áreas portuárias, locais onde ocorrem a maior parte das intervenções de dragagem no litoral, têm registado incremento, visando assegurar as condições de navegabilidade, manobra e estacionamento dos diversos tipos de embarcações (PAIXÃO, 2000).

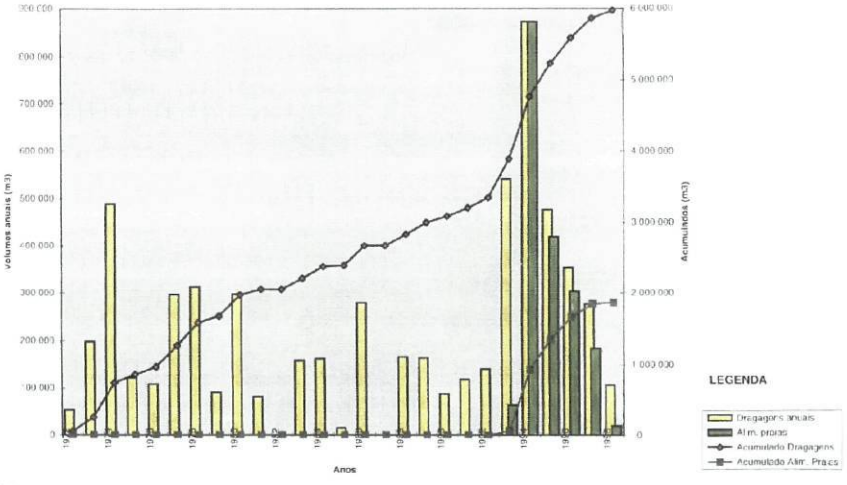


Figura VIII.10 - Volumes anuais e acumulados de dragagens junto ao posto "A", entre 1972 e 1998 (BROGUEIRA DIAS e COUTINHO, 1999).

[136] Ver capítulo III.3.5.3.

É nas proximidades do Posto "A" do terminal de petroleiros de Leixões que se verificam as maiores dragagens, cujos valores se encontram na Figura VIII.10.

VIII.3.5.3 – ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS

A extracção de volumes elevados de areias piorou a situação erosiva da orla costeira, nomeadamente entre o porto de Leixões e a foz do rio Douro. De facto, neste trecho litoral o encaminhamento provém de Norte, por acção da ondulação predominante de noroeste (BROGUEIRA DIAS e COUTINHO, 1999). A impossibilidade de alimentação pela presença de uma barreira artificial e a remoção de sedimentos levaram ao emagrecimento das praias existentes.

Uma das soluções apontadas para este problema tem vindo a ser implementada crescentemente desde os primeiros anos da década de 90 do século transacto (ver Figura VIII.10). Trata-se da **alimentação artificial de praias,** recorrendo aos próprios materiais dragados, quer no porto de Leixões, quer na barra do Douro.

Esta forma de controlar a erosão progressiva da faixa litoral portuguesa é apontada por vários autores como DIAS, (1990); VELOSO GOMES, (1997); RAMOS, (1997)VICENTE e PEREIRA, (1997); BROGUEIRA DIAS e COUTINHO, (1999).

Durante vários anos, a Administração dos Portos do Douro e Leixões (APDL) lançou os materiais dragados em locais mais afastados da costa, por ser a alternativa que, além de implicar menores custos, garantia o não retorno dos sedimentos à entrada do porto (OLIVEIRA et al., 1999). Deve sublinhar-se que a certificação de que os dragados não incluíam substâncias contaminantes não constituía preocupação (PAIXÃO, 2000). Essa garantia passou a ser obrigatória apenas a partir de 1995 (BROGUEIRA DIAS e COUTINHO, 1999; PAIXÃO, 2000). [137]

Para combater a erosão verificada na região adjacente ao porto de Leixões, a APDL promoveu, a partir de 1993, estudos que vieram alterar o destino dos materiais dragados.

Comprovada a qualidade das areias, passaram a ser acumuladas nas praias a Sul do porto de Leixões e só os materiais dragados sem qualidade eram repulsados a cerca de 2,5

[137] Despacho Conjunto do MARN/MM, de 04/04/95. Define as regras técnicas a que devem obedecer as operações de dragagem e de imersão dos materiais dragados. Outra legislação nacional que aborda a actividade das dragagens é, por exemplo, a de 27 de Janeiro de 1994 (Deliberação do Conselho de Ministros), de 21 de Junho de 1995 (Despacho Conjunto do Ministério do Ambiente e do Mar) e o Decreto-Lei nº 69/2000. Os materiais dragados foram também analisados em convenções internacionais como a Convenção de Londres (em 1972), Convenção MARPOL (1973-78), Convenção de Oslo (de 1974) e a Convenção de Oslo e Paris – OSPAR (em 1998).

milhas da costa (BROGUEIRA DIAS e COUTINHO, 1998; 1999).

Os materiais dragados junto ao Posto de Acostagem "A" do Terminal de Petroleiros de Leixões e os sedimentos resultantes das dragagens de manutenção no rio Douro, a Sul da ponte da Arrábida, são utilizados no processo de alimentação artificial de praias. Os primeiros são utilizados para preenchimento das praias próximas do Castelo do Queijo (Figura VIII.11 - A); os segundos alimentam o cordão litoral nas imediações da praia de Lavadores (Figura VIII.11 - B) (BROGUEIRA DIAS e COUTINHO, 1998; 1999).

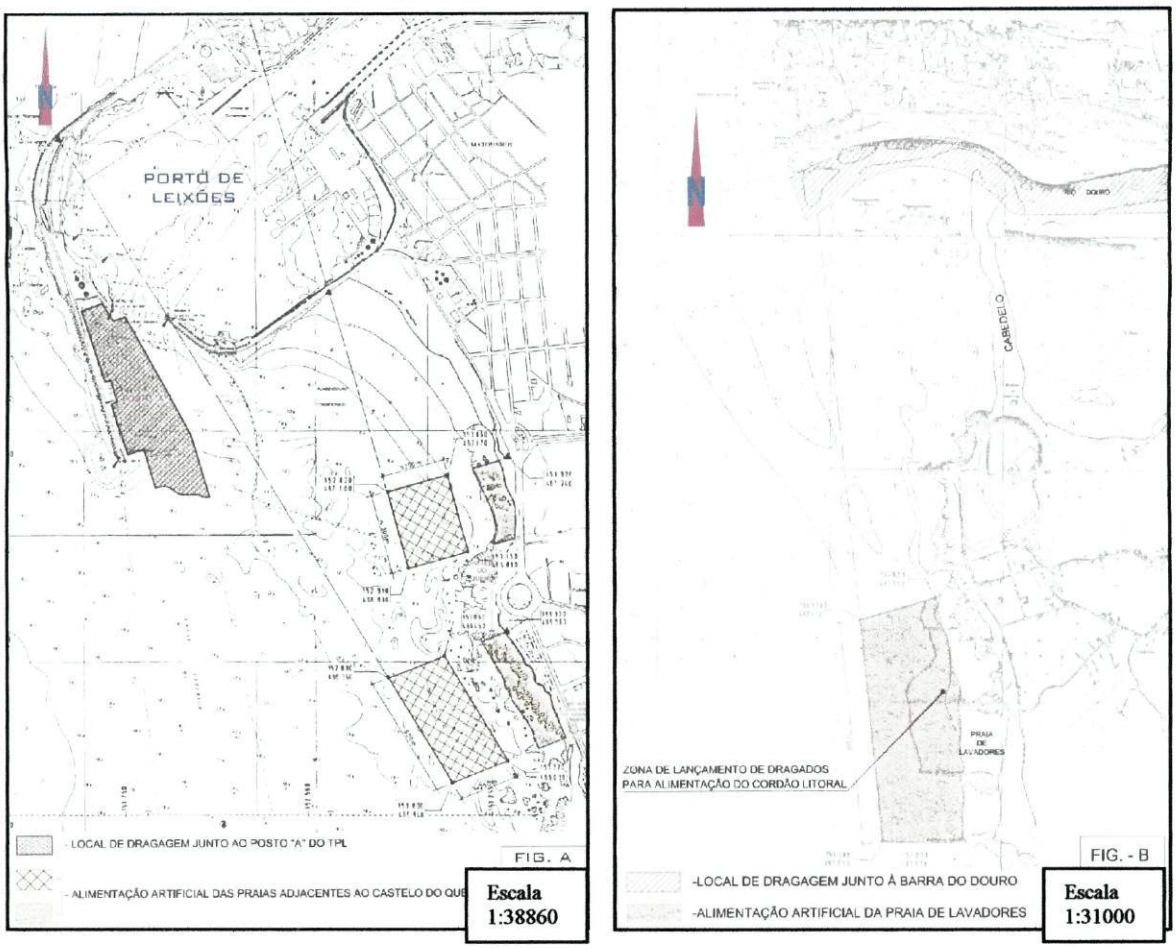


Figura VIII.11 – Dragagens e alimentação artificial nas zonas limítrofes da barra do rio Douro. **A** – porto de Leixões; **B** – foz do Douro. (in BROGUEIRA DIAS E COUTINHO, 1999).

Este processo tem permitido, segundo os mesmos autores, minorar os efeitos perniciosos da erosão costeira, recuperar praias e melhorar esteticamente o trecho litoral da região. É forçoso, no entanto, que as areias utilizadas na realimentação[138] de praias reúnam as condições para que tal seja possível, nomeadamente no que diz respeito à qualidade.

O Quadro seguinte apresenta um resumo da classificação dos materiais dragados, que se baseia no índice de presença de substâncias contaminantes.

[138] Optámos por aplicar o termo «realimentação», visto tratar-se da tentativa de compensar, artificialmente, um desequilíbrio acelerado pela intervenção do Homem.

CLASSE	DENOMINAÇÃO	OBSERVAÇÕES
1	Material dragado limpo	Estes sedimentos poderão ser integrados em projectos de alimentação artificial de praias.
2	Material com contaminação vestigiária	O seu aproveitamento depende das características do meio receptor.
3	Material ligeiramente contaminado	A sua utilização deverá ser em terra, reduzindo as quantidades eliminadas no meio aquáticas, de acordo com as convenções internacionais.
4	Material dragado contaminado	A sua deposição só pode ser efectuada em terra, em locais confinados e sob controlo contínuo, à realização de estudos e projectos.
5	Material muito contaminado	Estes materiais terão de ser tratados como resíduos industriais.

Quadro VIII.3 – Classificação dos materiais dragados (Adaptado de PAIXÃO, 2000)

VIII.3.5.4 – DRAGAGENS – PERSPECTIVA AMBIENTAL E EDUCACIONAL

A operacionalização de dragagens levanta questões de ordem ambiental, pelo facto de elas induzirem modificações na orla costeira e pela possibilidade de mobilizarem sedimentos com certo grau de contaminação (Quadro VIII.3) que, tratados incautamente, podem gerar sérios prejuízos nas áreas costeiras, quer terrestres, quer marinhas.

A consciência crescente destes impactos ambientais negativos levou à necessidade de racionalizar uma gestão integrada das actividades desenvolvidas nas zonas litorais.

VIII.3.6 - MIGRAÇÃO DO CABEDELO

São inúmeras as evidências de que a faixa costeira portuguesa se encontra, actualmente, sob a actuação de fenómenos erosivos.[139]

Sendo a restinga da foz do Douro uma forma litoral de acreção (CARVALHO, 1985), também ela sofre as consequências da influência daqueles fenómenos, adaptando-se às pressões nela exercidas.

Segundo alguns autores, a reacção mais significativa, na foz do rio Douro, à forte erosão imposta à orla nacional, parece ser a migração do Cabedelo (e do estuário) para montante.

São relativamente poucos os trabalhos desenvolvidos no sentido de mostrar o comportamento do Cabedelo ao longo dos tempos. Tal tarefa tornou-se possível através da

[139] Ver capítulo VII.

análise de dados cartográficos rigorosos, pelo que a história do desenvolvimento do Cabedelo apenas poderá ser traçada relativamente aos últimos dois séculos, aproximadamente.

Apresentaremos, seguidamente, estudos efectuados pela APDL (Figura VIII.12), abrangendo praticamente século e meio de história, que complementam os já apresentados na Figura VIII.3, desenvolvidos por CARVALHO (1999) relativos ao período compreendido entre 1955 e 1996. No capítulo IX.3.3 confrontaremos estes dados com os resultados do trabalho de campo efectuado no âmbito desta dissertação, na tentativa de confirmar a evolução morfodinâmica do Cabedelo, no início do século XXI, nomeadamente antes da implementação dos molhes do Douro.

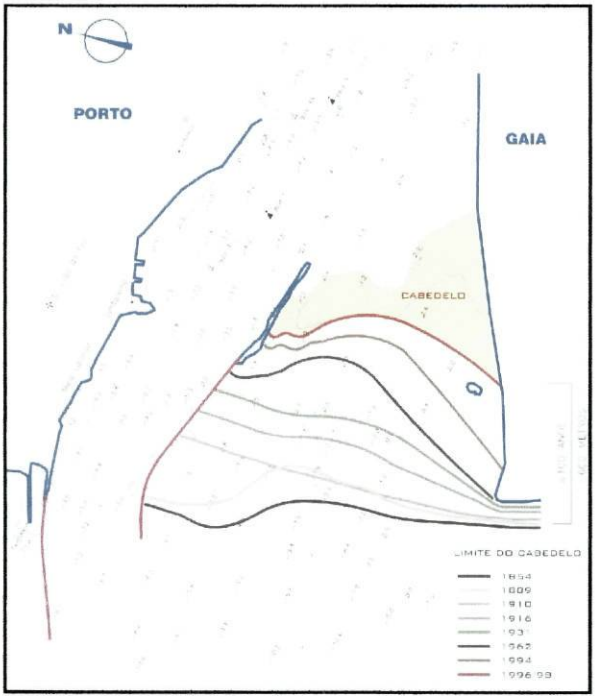


Figura VIII.12 – Estudo baseado em dados cartográficos, evidenciando os limites do Cabedelo, desde meados do século XIX até finais do século XX. A migração da restinga é evidente, com forte aceleração a partir dos inícios do século XX. (Gentilmente cedido pelo Engenheiro Brógueira Dias, APDL).

Os dados apresentados pelos referidos trabalhos tentam mostrar que a restinga tem migrado dominantemente para montante, numa tentativa de manter um perfil de equilíbrio. Por consequência, verifica-se a presença de águas oceânicas em zonas antes ocupadas pelo curso fluvial.

O lado a jusante daquela estrutura arenosa evidencia-nos um encurvamento cada vez mais pronunciado, indicando grande influência da acção marítima.

CARVALHO (1999) considera que a migração da restinga, acompanhada pelo encurvamento do seu lado virado para o mar, são indicadores da subida actual do nível médio das águas oceânicas.

Uma análise mais cuidada da fotografia aérea disponível (Figura VIII.14), incluindo levantamentos efectuados noutros anos parece indicar, no entanto, que o Cabedelo migra, por vezes, para jusante, contrariando um pouco o que foi referido anteriormente.

Parece-nos, então, coerente admitir que o posicionamento do Cabedelo oscila, em função da actuação de inúmeros factores, na tentativa de atingir um perfil de equilíbrio, embora o movimento dominante, ao longo das últimas décadas, possa ser para montante, nomeadamente após a introdução das barragens.

VIII.4 – COMPORTAMENTO MORFODINÂMICO DA EMBOCADURA DO DOURO: A MOBILIDADE DA EXTREMIDADE NORTE DO CABEDELO

VIII.4.1 - A INTERACÇÃO AERO-FLUVIO-MARINHA NA EVOLUÇÃO DO CABEDELO

Analisámos, anteriormente, a formação e o desenvolvimento do Cabedelo, podendo concluir-se que esta acumulação sedimentar é resultante de uma interacção aero-fluvio-marinha.

Apesar de se verificar, ao longo do tempo, movimento de toda a estrutura arenosa, é na sua extremidade Norte que se registam as maiores oscilações posicionais. Elas resultam da interacção de factores como as correntes das marés e do rio, a ondulação, o vento e a diferença de densidade entre as águas oceânica e fluvial.

VIII.4.1.1. - AS CORRENTES MARÍTIMA E FLUVIAL

Os sedimentos envolvidos nos processos litorais ao longo da costa portuguesa são quase exclusivamente areias, exceptuando o que acontece nas partes terminais de alguns estuários (ABECASSIS, 1994) como é o caso do Douro, no qual se verifica a deposição de material fino.

As marés são um factor importante nos fenómenos sedimentares que ocorrem nas zonas terminais dos estuários (ABECASSIS, 1994). No entanto, as situações divergem claramente na maré enchente e na maré vazante, pelo que as abordaremos separadamente. O esquema da Figura VIII.13 mostra diferentes locais no Cabedelo (a vermelho) e os sentidos das correntes vigentes durante a maré enchente (azul) e a maré vazante (branco).

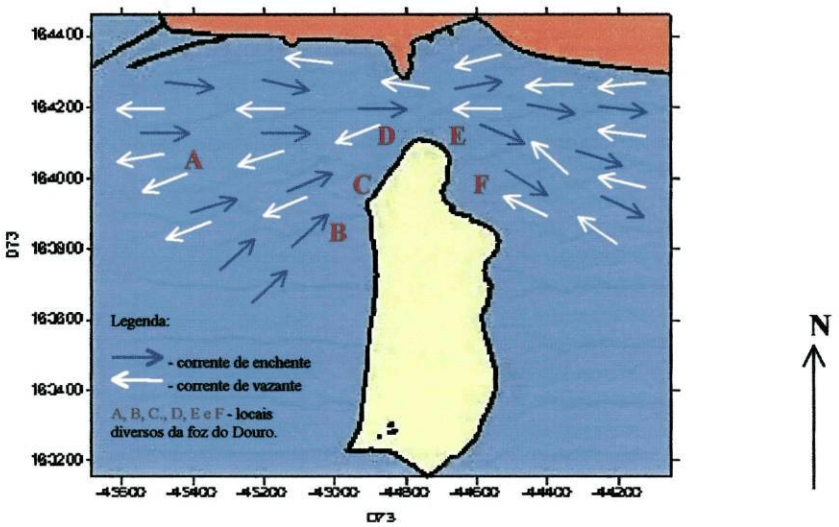


Figura VIII.13 – As correntes de enchente e de vazante na foz do Douro. O esquema de base corresponde à monitorização efectuada em Maio de 2002, com recurso ao GPS (ver capítulo IX.3.3).

VIII.4.1.1.1 - Da Baixa-Mar à Preia-Mar: binómio correntes/sedimentação

Quando a corrente marinha ascende, ela é contrariada pela existência das pedras «Fogamanadas» e da corrente fluvial em sentido oposto. O afunilamento da barra gerado pela presença do Cabedelo impõe, no entanto, uma aceleração de fluxo, incrementando a capacidade de transportar sedimentos. Assim, a corrente ascendente erode tenuamente a "cabeça" do Cabedelo nos pontos C, D e E e os sedimentos eventualmente arrancados à estrutura arenosa poderão sedimentar na zona, devido à diminuição da corrente verificada fora da zona de afunilamento.

VIII.4.1.1.2 - Da Preia-Mar à Baixa-Mar: binómio correntes/sedimentação

Na situação de maré vazante, a acção da corrente oceânica conjuga-se com a da corrente fluvial, erodindo os depósitos presentes em F, gerados durante a enchente, bem

como os da zona E. Nesta situação, a capacidade erosiva e transportadora é muito maior, mobilizando mais sedimentos do que na situação anterior. Assim, parte dos sedimentos resultantes podem depositar-se na zona B e os restantes assentarão mais para Oeste, nas imediações do ponto A.

A sedimentação predominante na zona F provoca o crescimento do Cabedelo para Leste e se ela ocorrer dominantemente em B, a cabeça do Cabedelo voltar-se-á para Oeste.

A sucessão de marés num curto espaço de tempo não será suficiente para fazer notar grandes alterações na estrutura do Cabedelo, mas se tivermos em conta períodos sazonais ou anuais, por exemplo, o posicionamento do Cabedelo e, principalmente, da sua extremidade Norte revelarão, certamente, modificações significativas.

Tal situação é evidenciada pela comparação de fotografias aéreas de diferentes datas, como nas presentes na Figura VIII.14, ou pelos resultados obtidos durante os trabalhos de campo desenvolvidos no âmbito desta dissertação, presentes no Capítulo IX.

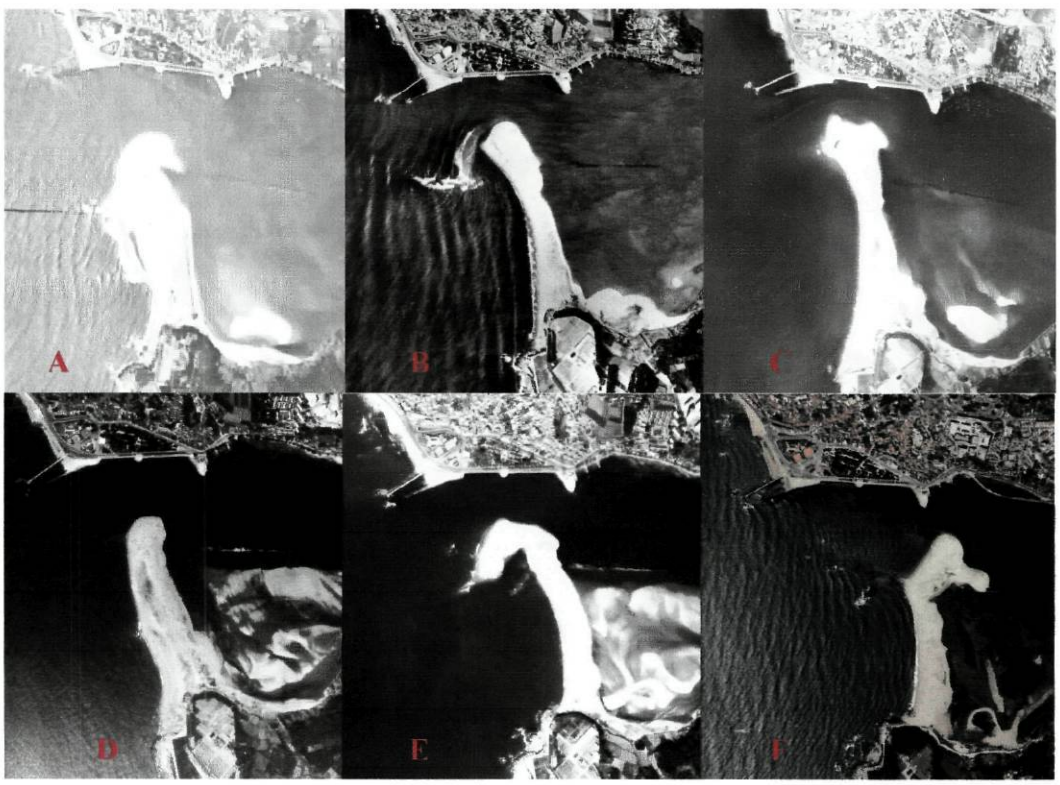


Figura VIII.14 - Montagem de fotografias aéreas de várias datas, evidenciando a morfologia do Cabedelo. A – Voo RAF 1947, foto nº5175; B – Voo USAF 1958, foto nº4237; C – Voo FAP 1968, foto nº4306; D – Voo FAP 1970, foto nº2359; E – Voo SOMERGUL 1974, foto nº2086; F – Voo MAPS 1995, foto nº1400, da Folha 122, Porto, na escala 1:25000. Escala aproximada - 1:38500, (Fonte: Instituto Geográfico do Exército, Lisboa).

VIII.4.1.2 - A ONDULAÇÃO

Na região do Cabedelo, a ondulação predominante provém do octante W-NW (GND, 1991). Será fácil, então, que ela seja responsável pelo transporte sedimentar directo, desde a área A até ao Cabedelo.

Como já analisámos anteriormente, nesta zona existe uma inversão da deriva sedimentar, fazendo com que, ao longo da estrutura do Cabedelo, a resultante seja de Sul para Norte. Assim, a ondulação poderá atingir a "cabeça" do Cabedelo, transportando sedimentos para Leste da estrutura, principalmente durante a maré enchente (GND, 1991).

VIII.4.1.3 - O VENTO

O vento assume, neste troço costeiro, direcções predominantes encaixadas, segundo OLIVEIRA (1973) no quadrante W (rumos NW, W e SW), com particular destaque para o rumo NW. No entanto, de Outubro a Março os ventos de Leste exercem uma influência considerável na região (BORDALO e SÁ, 1991). O vento exerce assim marcada influência na agitação marítima que atinge a região do Cabedelo. Consequentemente, o vento torna-se um agente fundamental na evolução morfodinâmica do Cabedelo, nomeadamente na sua reconstrução após a ocorrência de uma grande cheia, como se refere no capítulo VIII.3.3.

VIII.4.1.4 - A CIRCULAÇÃO ESTUARINA – A FORMAÇÃO DE CUNHAS SALINAS

A circulação estuarina é caracterizada por padrões de fluxo estratificado que tendem a reter os sedimentos transportados pelos rios e a carrear, para dentro do estuário, os sedimentos marinhos (ap. SUGUIO, 1982).

No ambiente estuarino, as correntes de maré e fluviais têm capacidade de erodir e transportar sedimentos de fundo. Embora as correntes de maré sejam menos eficazes dada a sua reversibilidade, a resultante do transporte sedimentar traduz-se, geralmente, por uma deslocação para jusante, tanto mais importante quanto maiores forem o volume do caudal, a inclinação e a profundidade do estuário (SUGUIO, 1982).

A água doce do rio mistura-se com a do mar no estuário, bem antes de chegar à foz. A água oceânica, pelo seu carácter salino, tem uma densidade muito superior à água fluvial. Na zona de contacto entre a corrente fluvial e a corrente marinha geram-se, consequentemente, correntes ascendentes no fundo e descendentes à superfície (Figura

VIII.15). Assim, a água salina, mais densa, flui para montante por baixo das águas fluviais, menos densas, produzindo uma coluna de água estratificada.

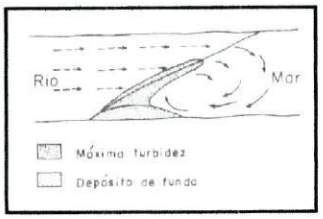


Figura VIII.15 – Esquema representativo da circulação estuarina que origina acumulação de sedimentos de fundo e define a zona de máxima turbidez. As setas indicam os sentidos de transporte dos materiais em suspensão (in SUGUIO, 1982).

Numa tentativa de equilibrar a salinidade, a água salgada desloca-se para as zonas menos salobras, movimentando-se, igualmente, em direcção à superfície. A água doce é, então, arrastada para baixo e para jusante, enquanto a água do mar penetra no estuário e se dirige para a cunha salina.

Durante a maré enchente, a cunha salina formada apenas permite a entrada, no estuário, de uma pequena quantidade de água salgada e, portanto, o transporte de sedimentos é pequeno. Na maré vazante, as duas correntes "trabalham" no mesmo sentido, possibilitando um acréscimo significativo das taxas de erosão e de transporte sedimentar.

No caso do estuário do Douro, durante a preia-mar ocorre a intrusão salina pelo fundo (Figura VIII.16), responsável pela movimentação de parte da coluna de água para montante (BORDALO e SÁ, 1991).

Figura VIII.16 – Intrusão de água costeira no estuário do Douro. Aspecto superficial (adaptado de Bordalo e Sá, 1991)

VIII.4.2 – COMPORTAMENTO HIDROMORFOLÓGICO

Embora se tente analisar individualmente a influência de cada um dos factores acima mencionados, é evidente que, na Natureza, estas forças ocorrem simultaneamente. A sua actuação conjunta permite estabelecer algumas asserções sobre o comportamento hidromorfológico[140] da extremidade Norte da restinga.

Uma das principais forças de construção do Cabedelo é a ondulação, relativamente forte, que mobiliza os sedimentos presentes ao largo da estrutura, depositados pelas

[140] Referimo-nos ao termo hidromorfológico, no sentido de que a "cabeça" do Cabedelo é moldada, essencialmente, pela acção da água, tanto do rio Douro, como do Oceano Atlântico.

correntes vazantes ou em consequência da ocorrência de cheias.

A sobrelevação presente[141] faz com que essa ondulação se desenvolva no sentido Sul-Norte ao longo do Cabedelo, transportando e depositando areias entre as rochas «Fogamanadas» e a extremidade Norte da restinga. As ondas e as correntes da maré enchente depositarão materiais na zona Leste do Cabedelo (GND, 1991).

Durante a maré vazante não se verifica, geralmente, influência da ondulação próximo da embocadura da barra. Os esforços conjugados das correntes tidal e fluvial são responsáveis por uma acentuada erosão sedimentar e deposição para Oeste do Cabedelo (GND, 1991).

Assim, em períodos de fortes correntes fluviais é provável que a extremidade Norte do Cabedelo aponte para o lado do mar (Oeste), o que pode acontecer após estações chuvosas e épocas de cheias. Após períodos de pequena descarga fluvial, a predominância da actuação da ondulação na zona da embocadura do Douro poderá levar ao desenvolvimento da cabeça do Cabedelo voltada para Leste.

Tendo em conta estes dados é possível inferir que, em termos sazonais, no início da Primavera a cabeça do Cabedelo aponte para o lado do mar e que, no princípio do Outono, aquela estrutura esteja voltada para nascente.

Obviamente que as situações não são lineares, até porque as estações do ano nem sempre apresentam um clima característico. Há Invernos sem cheias, outros considerados secos, sucessões de Invernos secos (neste caso, a cabeça do Cabedelo apontaria, provavelmente, para Leste), cheias fora de época[142] e cheias extraordinárias capazes de romper o Cabedelo, além de ventos fortes que influenciam, também, o comportamento da "cabeça" do Cabedelo.

Estas situações levam a que a configuração e posição desta restinga arenosa nunca sejam as mesmas, comportando-se como uma estrutura móvel em busca permanente do equilíbrio.

VIII.4.3 – EFEITOS DAS CHEIAS NA ESTRUTURA DO CABEDELO

O Cabedelo pode ser afectado pela impetuosidade do caudal fluvial em regime de cheia, sendo a sua estrutura moldada em função das correntes descendentes ou mesmo

[141] Ver capítulo VIII.3.4.3.

[142] Mencionámos, no capítulo II.3.2 que a maioria das cheias ocorre entre os meses de Dezembro e Fevereiro. As restantes registam-se em períodos que podemos considerar "fora de época".

rompida pela sua passagem. Só mais tarde, quando restabelecido o caudal normal, esta estrutura arenosa poderá recuperar, embora lentamente, até atingir uma forma de equilíbrio estável.

Em termos históricos, as principais cheias extraordinárias ocorreram nos anos de 1739, 1779, 1788, 1860 e 1909, tendo atingido uma altura superior a +10 metros relativamente ao Zero Hidrográfico, no cais da Ribeira, próximo da ponte D. Luís.

No entanto, cheias bem menos importantes são capazes de causar danos no Cabedelo, implicando mesmo a sua ruptura. Essa situação verificou-se recentemente, após as cheias de Dezembro de 1995 e Janeiro de 1996 (Figuras VIII.17 - 1 e 2).

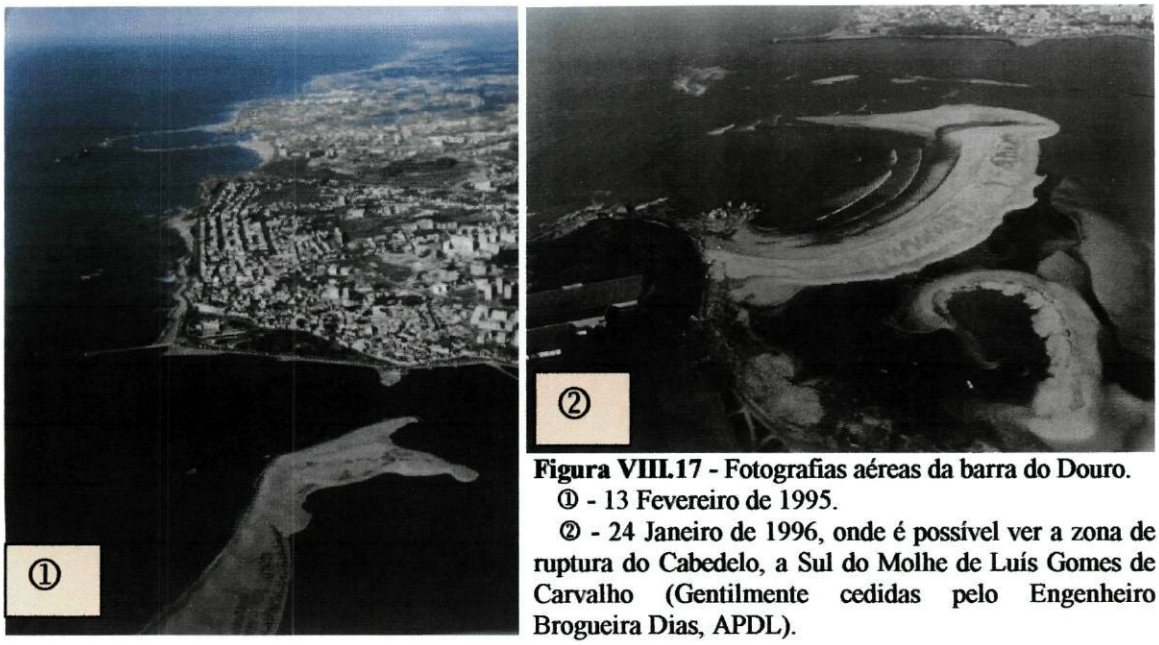


Figura VIII.17 - Fotografias aéreas da barra do Douro.
① - 13 Fevereiro de 1995.
② - 24 Janeiro de 1996, onde é possível ver a zona de ruptura do Cabedelo, a Sul do Molhe de Luís Gomes de Carvalho (Gentilmente cedidas pelo Engenheiro Brogueira Dias, APDL).

Também nas cheias de 1962 (2 e 3 de Janeiro), o Cabedelo foi cortado, expondo as rochas denominadas «Caranguejeiras», um grupo com cerca de uma centena de pedras situadas sob as areias do Cabedelo e que não eram vistas desde a cheia de 1909. Da mesma forma, as «pedras Brancas» (situadas a cerca de 75 metros a Norte do molhe de Luís Gomes de Carvalho) ficaram a descoberto, embora essa situação se verifique, geralmente, com o desenvolvimento de cheias de média intensidade.

Mas é a cheia de 1909, porque muito estudada, que nos permite acrescentar dados sobre o processo de formação e a evolução morfodinâmica do Cabedelo, e inferir sobre o papel efectivo das cheias na manutenção da restinga do Douro.

Uma série de hidrografias realizadas ao longo de vários meses após aquela cheia, descritas em OLIVEIRA (1973), mostram a reconstrução do Cabedelo até uma situação de equilíbrio dinâmico próxima da existente anteriormente à ocorrência daquela catástrofe.

Durante a cheia de 1909 (23 de Dezembro), o nível da água esteve a cerca de oitenta centímetros do tabuleiro inferior da Ponte de D. Luís, sendo classificada como a maior enchente a seguir à de 1739. Além de prejuízos materiais avultados, ela foi igualmente responsável pela perda de vidas humanas (TATO, 1966). Esta cheia atingiu dimensões tais que o seu caudal arrastou, na foz, todo o material arenoso do Cabedelo situado acima da linha da baixa-mar, implicando, por isso, o desaparecimento daquela estrutura arenosa.

A força do Douro terá arrastado para a plataforma continental, a Oeste do Porto, grande quantidade de sedimentos, que se terão deslocado em parte para Norte, já que se fez sentir um violento temporal de sudoeste (OLIVEIRA, 1973).

Em plena maré-baixa, na zona do Cabedelo nada se via além dos enrocamentos do molhe de Luiz Gomes de Carvalho e de um vasto arsenal rochoso. A foz do Douro estendia-se, então, desde o molhe de Felgueiras até às «pedras do Cão», na extremidade Oeste da margem esquerda. Entretanto, o mar começou a sua acção reconstrutora, remexendo e reacumulando as areias da plataforma que o Douro havia deslocado.

De cada hidrografia apresentamos, no **APÊNDICE 8**, o cartograma correspondente e uma pequena síntese descritiva, segundo OLIVEIRA (1973), tendo em conta o modo de reconstrução do Cabedelo e os regimes de ventos vigorantes na altura da sua realização.

As sete hidrografias mostram-nos a importância dos ventos no movimento das areias submersas e a capacidade de as águas oceânicas, orientadas pela acção daquelas, reporem o assoreamento no Cabedelo. Estes registos referem-se, no entanto, a um caso concreto que assumiu proporções tais que, felizmente, não será fácil ver repetido. Por consequência, não poderemos generalizar esta forma de reconstrução do Cabedelo após uma cheia intensa.

Podemos mesmo arriscar afirmar que no caso de ocorrência de uma catástrofe destas dimensões na actualidade, concretamente uma cheia que provocasse a destruição total do Cabedelo, provavelmente a sua reconstrução seria muito mais lenta, já que o acarreio de material sólido, pelo rio, como já mencionado, é cada vez menor. Também a quase total ausência do banco exterior[143] à barra do Douro parece reduzir, ainda mais, os sedimentos disponíveis para o mar deslocar e reordenar na orla costeira.

[143] O banco exterior à barra foi assinalado até aos anos 70. Posteriormente, a redução de caudal sólido transportado pelo rio e as dragagens efectuadas, entre outros factores, levaram a que o mar remobilizasse esses sedimentos, deslocando-os pela orla costeira.

Há prazer nos bosques sem veredas,
Há êxtase numa praia solitária,
Há companhia, quando ninguém aparece,
Junto ao mar profundo, musical no seu rugido:
Não gosto menos do Homem mas mais da Natureza.

Lord Byron (1788-1824)

IX

MONITORIZAÇÃO POR GPS VISANDO O CONHECIMENTO DA EVOLUÇÃO MORFODINÂMICA ACTUAL DO CABEDELO DO DOURO

APLICABILIDADE PEDAGÓGICA NUMA VERTENTE CTSA

«Anoitece. Volto-me e grito de aflição. A lua cheia e enorme, toda branca, surge sobre um areal avermelhado, e já no mar começa a desenrolar-se o grande mistério da noite...»

Raul Brandão, *Os Pescadores*

IX – MONITORIZAÇÃO POR GPS VISANDO O CONHECIMENTO DA EVOLUÇÃO MORFODINÂMICA ACTUAL DO CABEDELO DO DOURO

APLICABILIDADE PEDAGÓGICA NUMA VERTENTE CTSA

IX.1 - INTRODUÇÃO

Nos capítulos anteriores apresentámos diversas condicionantes do comportamento do cabedelo da foz do rio Douro, enquanto estrutura dotada de características e evolução próprias. Da pesquisa bibliográfica efectuada, é-nos possível concluir sobre a interacção e interdependência dos factores aero-flúvio-marinhos actuantes na zona em estudo, cujo jogo de forças é responsável pelo comportamento dinâmico do Cabedelo.

O trabalho de campo realizado no decorrer da preparação desta dissertação visa conhecer a evolução morfodinâmica actual do cabedelo da foz do rio Douro. Como suporte técnico, recorremos ao GPS (Global Positioning System), método científica e tecnologicamente avançado cuja utilização pioneira, naquela área, permitiu obter dados que, esperamos, venham a ter utilidade num futuro mais ou menos próximo.

Figura IX.1 – Realização do trabalho de campo. Operadora e equipamento utilizado no campo.

IX.2 – O SISTEMA GLOBAL DE POSICIONAMENTO (GPS).

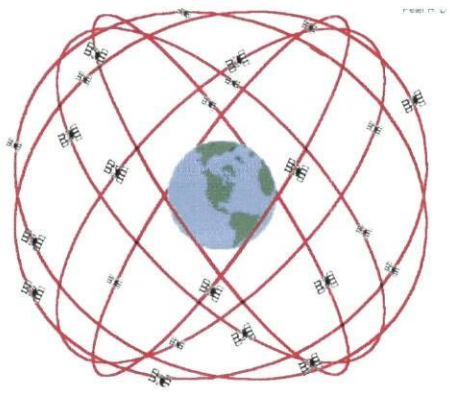
PRINCÍPIOS BÁSICOS DE FUNCIONAMENTO E ALGUNS EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

IX.2.1 – ALGUMAS UTILIZAÇÕES DO GPS

O GPS (Global Positioning System) cujo projecto inicial foi aprovado em 1973, é um sistema de navegação global e autónomo, desenvolvido pelo Departamento de Defesa Norte Americano (CASACA et al., 2000).

O GPS tem aplicações várias, tanto no espaço aéreo, como no aquático ou ainda no terrestre, destacando-se o posicionamento[144] em Geodesia e, mais recentemente, em Topografia (CASACA et al., 2000).

A agricultura, o cadastro, a cartografia, a detecção remota, a fotogrametria, os GIS (Sistemas de Informação Geográfica), o mapeamento, a segurança pública, as telecomunicações, a Geologia, a Vulcanologia, a Oceanografia, a Arqueologia, a Meteorologia, a Geofísica e o Ambiente, são áreas do conhecimento em que é possível aplicar o GPS para obtenção de dados diversos.



Em Geologia costeira, área do conhecimento em que se insere este trabalho, o GPS tem sido utilizado para monitorização da linha de costa e de diversas estruturas sedimentares, bem como para o conhecimento da sua evolução (BAPTISTA et al., 2002 *a,b*), particularmente quando usado em modo diferencial – DGPS (ver **APÊNDICE 9**).

Figura IX.2 -Constelação de satélites GPS (in DANA, 1994).[145]

---

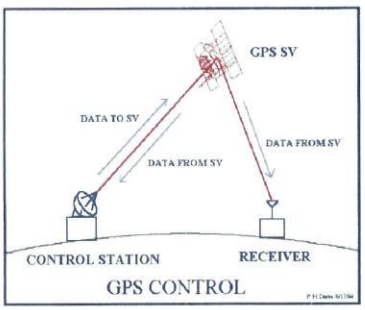
[144] O termo posicionamento é usado em Topografia para designar o conjunto de métodos e técnicas para determinação da posição topográfica de pontos situados na superfície da Terra ou na sua proximidade. Um ponto é caracterizado por distâncias à meridiana e à perpendicular, num dado sistema de projecção cartográfica, e pela sua altitude ortométrica (CASACA et al., 2000, p.170).

[145] in http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html.

IX.2.2 – PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DO GPS

IX.2.2.1 – COMPONENTES DO GPS

O princípio de posicionamento com satélites baseia-se no conhecimento prévio das suas posições geocêntricas que, conjugadas com medições de distâncias dos satélites aos receptores, permitem estimar os vectores de posição desses receptores (Figura IX.3).



Cada satélite de GPS está equipado com quatro relógios atómicos, um rádio transmissor e um computador de bordo (HOFMANN-WELLENHOF et al., 1992; SEEBER, 1993).

Figura IX.3 – Segmento de controlo do GPS (in DANA, 1994)[146].

O GPS, sistema complexo de orientação e posicionamento, divide-se em três segmentos (HOFMANN-WELLENHOF et al., 1992; SEEBER, 1993; DANA, 1994):

- **Segmento espacial** – Constituído por uma constelação de 24 satélites (Figura IX.2) distribuídos por seis planos inclinados de 55°, em órbitas praticamente circulares, a uma altitude de 20200 Kms e com períodos orbitais de cerca de doze horas (11h 58m). Cada satélite emite constantemente sinais rádio que são usados por receptores terrestres para determinar localizações com precisão. A distribuição espacial dos satélites permite que, em qualquer parte do Globo e a qualquer hora estejam presentes dentro dos limites do horizonte, pelo menos quatro satélites.
- **Segmento de controlo** – Constituído por estações permanentes de rastreio (Figura IX.3), uma principal e outras quatro distribuídas pelo planeta. O segmento de controlo, abrangendo estas cinco estações, é responsável pela coordenação do sistema e pela determinação das posições de todos os satélites. Calcula ainda a previsão do seu posicionamento para um ou mais dias, transmitindo-a a todos os satélites no que se intitula mensagem de navegação.
- **Segmento dos utilizadores** – Constituído por todos aqueles que, militares ou civis, dispõem de receptores GPS. Estes, captam o sinal transmitido por cada um dos satélites situados no horizonte, e determinam a sua posição através da

[146] Cf. nota 143.

distância a que se encontram de cada um daqueles satélites, cuja posição é conhecida. Consoante o número de satélites ao alcance do receptor, a posição deste poderá ser determinada em duas ou em três dimensões. Três satélites possibilitam um posicionamento a 2-D, mas para determinar a posição tridimensional do receptor serão necessários quatro satélites (Figura IX.4).

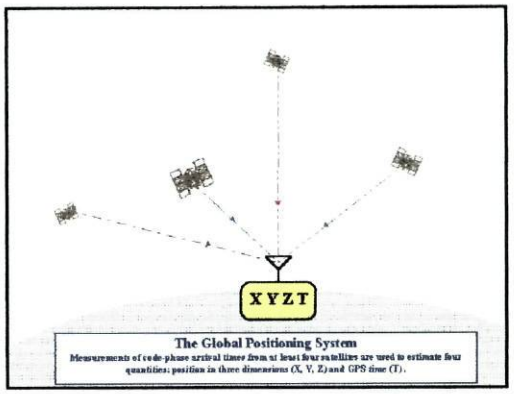


Figura IX.4 – Medição do código de fases utilizando 4 satélites, para posicionamento tridimensional e determinação do tempo GPS (in DANA, 1994).

IX.2.2.2 – Modos de Posicionamento com GPS

O posicionamento com GPS baseia-se na determinação da distância entre uma ou mais estações terrestres e vários satélites. As distâncias são medidas, normalmente, pelo método do código da portadora ou pelo método da fase da portadora (CASACA et al., 2000). O posicionamento pode ser efectuado em diversos modos, como mostra o esquema presente no **APÊNDICE 9**.

IX.2.2.3 – Características dos Sinais e dos Códigos

Os satélites possuem um oscilador muito estável, que gera uma frequência fundamental de 10,23 MHz na banda HF (CASACA et al., 2000).

Os sinais rádio emitidos pelos satélites e captados pelos receptores são muito complexos, constituídos por duas componentes, L1 e L2, portadoras de mensagens codificadas, cujas frequências são múltiplos inteiros da frequência básica do oscilador (f_{bo}).

Sendo L1 = 154 f_{bo} e L2 = 120 f_{bo}, temos:

L1 = 1575,42 MHz e L2 = 1227,60 MHz

Nestas frequências estão modulados dois códigos binários do tipo PRN (Pseudo Random Noise), constituindo sequências de valores binários (0 e 1, ou +1 e –1) e uma mensagem de navegação, que são usados pelos receptores, no terreno, para calcular a sua distância aos satélites (SEEBER, 1993):

- O **código P** (Precision Code) é o principal código para navegação e tem uma frequência de 10,23 MHz (f_{bo}), ou seja, uma sequência de 10,23 milhões de dígitos binários por segundo. Assim, a sequência deste código é extremamente longa, com período de cerca de 37 semanas e está modulado nas portadoras L1 e L2. Tem um comprimento de onda de 30 metros. O acesso a este código é reservado, mas permite determinar as posições do satélite com erro de 20 a 30 metros.
- O **código C/A** (Clear Acquisition Code) tem uma frequência de 1,023 (1/10 f_{bo}) e um período de 1 milisegundo, sendo, portanto, um código de rápida aquisição. Pode ser usado para obter o código P. O seu comprimento de onda é de 300 metros e encontra-se modulado apenas na portadora L1, sendo aberto a todos os utilizadores, embora o erro na posição do satélite ultrapasse os 100 metros.
- Existe, ainda, um terceiro código, **D**, conhecido por mensagem de navegação. Além das efemérides previstas para os satélites, contém informação sobre correcções a fazer aos valores observados e sobre o estado do equipamento.

As características dos sinais e dos códigos encontram-se resumidas no quadro seguintes.

a)	L1	L2
Portadora do sinal	154 x 10,23 MHz	120 x 10,23 MHz
Frequência	1575,42 MHz	1227,60 MHz
Comprimento de onda	19,05 cm	24,45 cm

b)	C/A – SPS (1)	P – PPS (2)	D
Período	1 milisegundo	37 semanas	30 segundos
Frequência	1.023 MHz – L1, L2	10,23 MHz – L2	50 bps
Comprimento de onda	293,1 m	29,31 m	

Quadro IX.1 – Principais características dos sinais (**a**) e dos códigos (**b**) (adaptado de SEEBER, 1993).
1 – Standard Positioning Service 2 – Precise Positioning Service

IX.2.2.4 – Os Receptores

Existem diversos tipos de receptores, nomeadamente os que medem a fase da portadora (dotados de maior precisão) e os que utilizam, exclusivamente, o código da portadora (mais económicos, mas menos precisos).

Os receptores podem captar uma ou as duas frequências emitidas pelos satélites, aumentando, no segundo caso, o grau de precisão. Também diferem no número de canais de recepção: um receptor com um só canal obriga o utilizador a sintonizar os diversos satélites sucessivamente, enquanto que se o receptor dispuser de um maior número de canais, cada um deles pode sintonizar um diferente satélite acima do horizonte.

IX.3 – MONITORIZAÇÃO POR GPS PARA O CONHECIMENTO DA EVOLUÇÃO ACTUAL DO CABEDELO

No âmbito deste estudo, o conhecimento da evolução actual do Cabedelo alicerça-se no desenvolvimento de um trabalho de campo dotado de objectivos e metodologias próprias, acompanhado de um complexo trabalho de gabinete, visando o processamento dos dados obtidos para posterior análise e discussão.

IX.3.1 – OBJECTIVOS DO TRABALHO DE CAMPO DESENVOLVIDO NO CABEDELO DA FOZ DO RIO DOURO

O conhecimento da evolução actual do Cabedelo assenta nas modificações, ao longo do tempo, do seus contorno, posição, área e volume, entre outros parâmetros. O trabalho de campo, bem como o trabalho de gabinete com ele conjugado, foram desenvolvidos tendo em conta os objectivos seguintes:

- Análise do posicionamento da estrutura sedimentar e sua variabilidade morfoestrutural;
- Monitorização do contorno da restinga, em várias épocas do ano, acompanhada dos respectivos cálculos de área;
- Determinação dos volumes (total e por intervalos de cota) do Cabedelo, e evolução temporal desses volumes;
- Levantamento de elementos morfológicos peculiares, como a presença de cicatrizes de temporais, lagoas internas, zonas com vegetação e indicação de depósitos de material sedimentar dragado;
- Dedução dos factores aero-flúvio-marinhos dominantes, em função das variações morfoestruturais do Cabedelo, ao longo do tempo de monitorização.

IX.3.2 – METODOLOGIA SEGUIDA DURANTE AS MONITORIZAÇÕES REALIZADAS NO CABEDELO

O trabalho de campo realizado no Cabedelo obedeceu a uma metodologia rigorosa, tendo em conta a exigência do equipamento e as condições do meio necessárias para o seu desenvolvimento.

Para monitorizar a evolução morfológica e estrutural do Cabedelo, recorremos ao DGPS em modo cinemático. O equipamento utilizado nas diversas sessões de trabalho de campo encontra-se no Quadro IX.2, tendo sido disponibilizado pelo Observatório Astronómico da Universidade do Porto.

Quadro IX.2 – Lista de equipamento utilizado no trabalho de campo. O DGPS envolve a utilização de dois receptores de GPS (a estação de referência e a estação do observador). O modo cinemático é relativo ao facto de o segundo receptor navegar (estação rover).

Foram efectuadas campanhas trimestrais de observação, com início em Junho de 2001 e término em Março de 2003. O Quadro IX.3 mostra alguns pormenores das campanhas

desenvolvidas no cabedelo da foz do Douro, cujo período de monitorização foi definido tendo em conta a hora da baixa-mar prevista para cada um desses dias.

DATA DA SESSÃO DE TRABALHO DE CAMPO	ALTURA DA MARÉ-BAIXA	PERÍODO DE OBSERVAÇÃO EM FUNÇÃO DA MARÉ	TRABALHO DESENVOLVIDO
9 Jun 2001	1,0m ▲	10h-13h	Levantamento da linha de contorno externo do Cabedelo
16 Set 2001	0,6m ▲	8h-11h	Levantamento da linha de contorno externo do Cabedelo
2 Dez 2001	0,6m ▲	8.30h-11.30h	Levantamento da linha de contorno externo do Cabedelo Realização de uma rede de perfis transversais e longitudinais, abrangendo toda a área do Cabedelo
2 Mar 2002	0,3m ▲▲	9.30h-12.30h	Contorno externo do Cabedelo
13 Mai 2002	0,7m ▲▲	10h-12.30h	Levantamento da linha de contorno externo do Cabedelo Realização de uma rede de perfis transversais e longitudinais, abrangendo toda a área do Cabedelo
7 Set 2002	0,5m ▲▲	9h-11.30h	Levantamento da linha de contorno externo do Cabedelo Realização de uma rede de perfis transversais e longitudinais, abrangendo toda a área do Cabedelo
21 Dez 2002	0,8m ▲▲	11h-13h	Levantamento da linha de contorno externo do Cabedelo
23 Dez 2002	0,8m ▲▲	11h-12.15h	Realização de uma rede de perfis transversais e longitudinais, abrangendo toda a área do Cabedelo
3 Mar 2003	0,6m ▲▲▲	9h-10.30h	Levantamento da linha de contorno externo do Cabedelo
4 Mar 2003	0,6m ▲▲▲	9h-12.00h	Realização de uma rede de perfis transversais e longitudinais, abrangendo toda a área do Cabedelo

Quadro IX.3 – Campanhas de observação realizadas no cabedelo do rio Douro. Os horários são referidos à hora legal.

▲ Dados retirados de INSTITUTO HIDROGRÁFICO (2000); ▲▲ Dados retirados de INSTITUTO HIDROGRÁFICO (2001); ▲▲▲ Dados retirados de INSTITUTO HIDROGRÁFICO (2002).

Os registos efectuados tiveram uma cadência de 1 segundo e os dados obtidos, em cada sessão de campo, foram processados com *software* comercial, igualmente disponibilizado pelo Observatório Astronômico, aplicando técnicas de resolução de ambiguidades OTF (On-the-Fly). Os resultados finais do posicionamento atingiram precisão centimétrica.

A extensão da zona em estudo, a presença de obstáculos, a acção da ondulação, a deslocação sobre areias, por vezes com acentuado declive, e o transporte do equipamento, com dimensões, peso e número considerável de componentes, levantaram dificuldades físicas à monitorização e arrastamento no tempo necessário para a sua cabal concretização. Assim, algumas das campanhas referidas no Quadro IX.3 correspondem à compilação dos dados recolhidos em mais do que uma sessão de trabalho de campo.

A estação de referência foi instalada no pilar de GPS do Observatório Astronómico da Universidade do Porto (Monte da Virgem – Vila Nova de Gaia), por questões de segurança

do equipamento. Uma vez que o local a monitorizar dista, em relação à estação permanente do Observatório, uns 6 Kms, tornou-se dispensável a utilização de uma estação de referência local, na medida em que essa distância não produz distorções assinaláveis nos resultados obtidos.

A antena da estação rover foi montada num bastão, na base do qual foi adaptada uma roda, para permitir que todas as irregularidades topográficas pudessem ser monitorizadas. A antena, o bastão e a roda, bem como o receptor de GPS, uma bateria e ainda cabos de ligação, foram transportados pelo observador no decorrer do trabalho de campo.

Todas as campanhas foram realizadas durante o limite mínimo da baixa-mar, num período de marés vivas de cada mês de observação, e desenvolvidas em condições similares de marés, para possibilitar uma comparação fiável das possíveis modificações morfoestruturais do Cabedelo, bem como o seu relacionamento com a maior ou menor acção das marés e da ondulação.

O cálculo da área total do Cabedelo baseia-se na obtenção do seu contorno, efectuado o mais próximo possível da linha de água, quer na face voltada ao mar, quer na face virada para o rio.

Para o cálculo dos volumes total ou por intervalos de cota, os procedimentos de monitorização incluíram o estabelecimento de uma rede construída com perfis transversais e longitudinais. Os perfis transversais foram realizados com um afastamento de 50 metros, aproximadamente, e os perfis longitudinais foram estabelecidos ao longo das zonas com mudanças de declive, normalmente associadas a limites de tempestades.

A realização de perfis para cálculo de volumes iniciou-se em Dezembro de 2001. Nas campanhas realizadas até essa data apenas fôra demarcado o perímetro do Cabedelo. Após este período, foram desenvolvidos cinco levantamentos detalhados, incluindo o contorno ao longo do limite da área emersa e malhas de perfil, cobrindo todo o Cabedelo acima do limite da maré-baixa. Aos dados obtidos foi aplicada uma interpolação para converter os dados pontuais em grelhas que permitem a cobertura de toda a área da restinga.

A escolha de um método de interpolação depende, basicamente, da forma como os dados se distribuem no espaço. A realização de perfis no campo implica a aquisição de um grande número de pontos que se distribuam heterogeneamente. Para este estudo, a obtenção de grelhas necessárias para o cálculo de volumes fez-se através da triangulação com interpolação linear (TLN), com espaçamento de um metro, cujo algoritmo cria triângulos a partir das linhas que unem os pontos do ficheiro de dados. Os vários triângulos envolvem os pontos mais próximos, nunca se sobrepondo a outros triângulos. Este método de

interpolação é exacto e parece ser aquele que permite uma maior aproximação aos valores reais. A sua aplicação envolveu a utilização do *software* "SURFER". A partir das interpolações efectuadas foi possível obter a superfície do terreno monitorizado, para a qual se procedeu ao cálculo de áreas da restinga e dos volumes totais ou por intervalos de cota, assumindo como referência o nível médio das águas do mar.

Os resultados apresentam-se em Datum 73, estando a componente altimétrica referida ao Datum Altimétrico Nacional – Cascais.

O processamento dos dados obtidos nos diversos trabalhos de campo recorreu assim a *software* específico, nomeadamente aos programas "GEOGENIUS" e "SURFER", entre outros, envolvendo uma lista complexa de procedimentos que tentamos simplificar no **APÊNDICE 10**.

IX.3.3 – RESULTADOS DO TRABALHO DE CAMPO REALIZADO DURANTE O PERÍODO DE OBSERVAÇÃO: ANÁLISE E DISCUSSÃO

IX.3.3.1 – O CONTORNO DO CABEDELO

A Figura IX.5 reúne os contornos externos do Cabedelo e o seu posicionamento entre Junho de 2001 e Março de 2003, período durante o qual esta estrutura arenosa foi monitorizada trimestralmente.

Em Junho de 2001, a estrutura do Cabedelo encontrava-se delgada e encurvada para o interior na parte a jusante, com uma flecha sedimentar submersa durante a maré cheia, voltada para Oeste, indicando, por um lado, um avanço do mar sobre a estrutura na parte mais a sul e, por outro, a acção das correntes descendentes que impediram a deslocação dos sedimentos para o interior do estuário. O Inverno de 2000/2001 fôra bastante rigoroso, tendo-se registado diversos temporais e a ocorrência de cheias com caudais consideráveis.[147] Estes fenómenos implicam a remobilização de grandes quantidades de materiais sedimentares do e para o Cabedelo, justificando a sua morfologia numa época do ano em que a sua extremidade norte poderia estar a voltar-se para o interior do estuário.

[147] Consulte-se os caudais de Crestuma para este período no **ANEXO 3**.

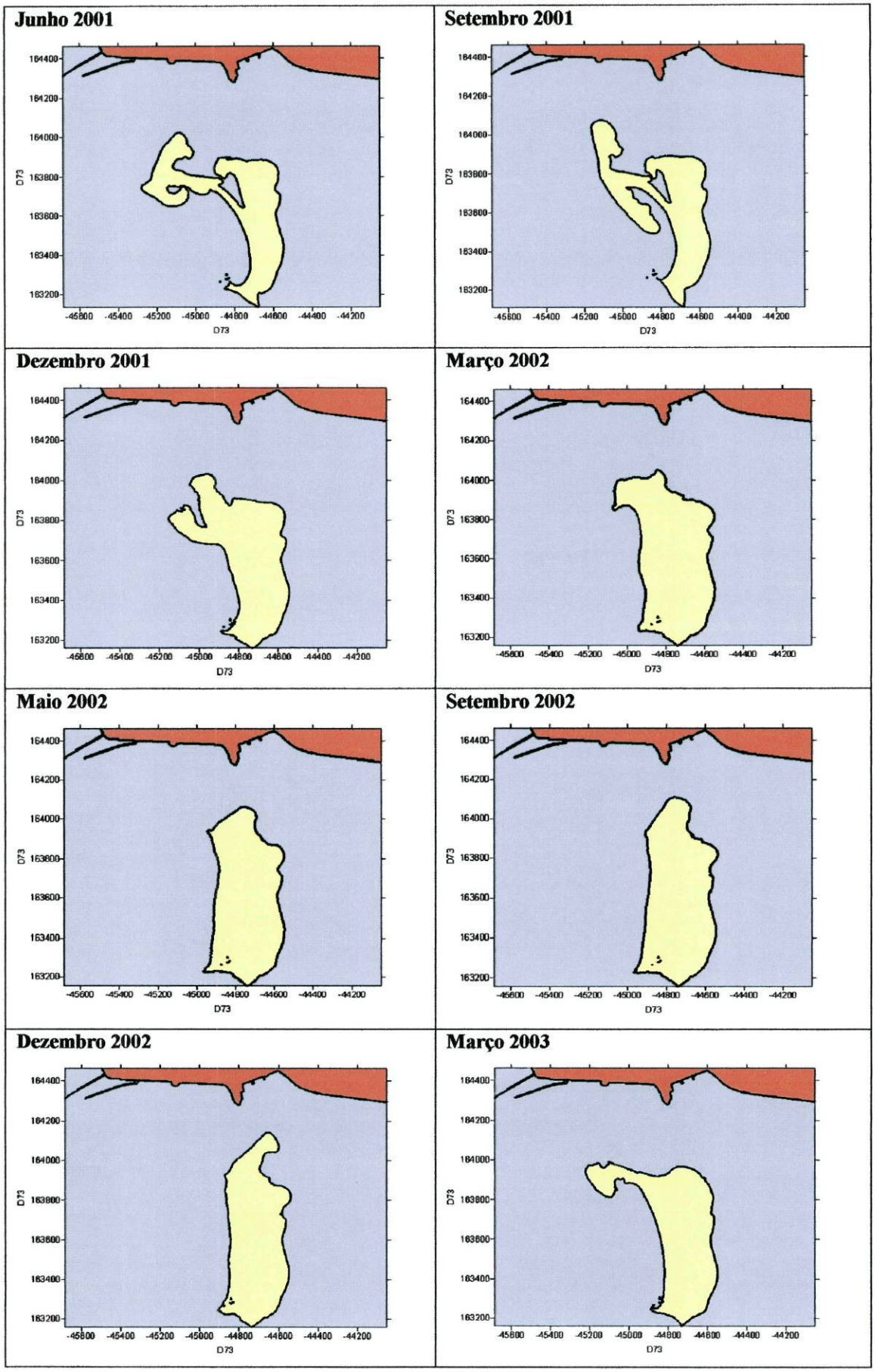


Figura IX.5 - Cartografia do Cabedelo nas diversas monitorizações efectuadas.

As épocas de observação seguintes permitem, porém, traçar a evolução do Cabedelo. Aquela barra destacada para Oeste da restinga parece ter-se espalmado em direcção ao corpo principal, entre Junho de 2001 e Setembro de 2001. Em Dezembro do mesmo ano, aquela barra já praticamente não existe, e em Março de 2002 encontra-se totalmente ausente. Ao longo deste período vai-se verificando um alargamento contínuo do Cabedelo, o que parece confirmar que os sedimentos da estrutura desaparecida foram integrados no corpo principal.

No esquema correspondente ao mês de Março de 2002 é possível ver a extremidade norte da restinga ("cabeça" do Cabedelo) voltada ligeiramente para Oeste, situação que se insere nos meses seguintes, orientando-se para montante.

Em Maio de 2002 existem menos sedimentos na extremidade Oeste da cabeça do Cabedelo e, em Setembro de 2002, aquela parte da estrutura sedimentar encontra-se voltada para Leste, bem como em Dezembro de 2002. Durante este mês ocorreram cheias que, embora pouco significativas, condicionaram a morfodinâmica do Cabedelo. Por consequência, esta estrutura surge, em Março de 2003, com a sua extremidade norte voltada para jusante, tal como em época idêntica do ano anterior.

Esta situação permite confirmar as ideias já expostas anteriormente (ver capítulo VIII.4.2), nas quais se refere que, por um lado, durante o Inverno a cabeça do Cabedelo se volta para Oeste e, por outro, à medida que nos encaminhamos para o Verão, a situação evolui no sentido oposto, verificando-se a movimentação da extremidade norte do Cabedelo para montante.

O aumento de caudal do rio Douro será, então, um factor importante para a configuração do Cabedelo, bem como a acção das ondas e das marés, fornecendo estas duas últimas uma contribuição primordial para deslocar sedimentos nas épocas do ano em que os caudais são mais reduzidos.

IX.3.3.2 – A LARGURA DO CANAL DE ACESSO À BARRA DO DOURO

Os esquemas correspondentes às campanhas efectuadas permitem deduzir algo sobre a largura da embocadura do Douro. De Junho a Setembro de 2001, a largura do canal de acesso diminui alguns metros, verificando-se a presença de areias que ficam submersas durante as marés cheias. Até Dezembro de 2001 regista-se um ligeiro alargamento e, a partir desta data, ocorre um contínuo estreitamento do canal, pelo menos até Setembro de

2002, época de monitorização com o menor valor registado. Em Março de 2003 regista-se um novo alargamento da embocadura do Douro.

O Quadro IX.4 indica as larguras aproximadas do canal de acesso à barra do Douro nas datas de monitorização do Cabedelo. Considerámos a largura do canal de acesso como a menor distância entre a extremidade norte do Cabedelo e o pontal do Anjo, onde se posiciona o marégrafo.

DATA	JUN 01	SET 01	DEZ 01	MAR 02	MAI 02	SET 02	DEZ 02	MAR 03
LARGURA	368m	324m	272m	220m	206m	162m	191m	309m

Quadro IX.4 – Largura (em metros) do canal de acesso à barra do Douro.

Tendo em conta os dados de caudais[148] é possível relacionar o alargamento ou o estreitamento do canal de acesso com a variação dos caudais fluviais. Com caudais maiores, o canal sofre alargamento, mas nas épocas do ano em que os caudais são mais reduzidos, a tendência para acumular sedimentos na foz do rio é maior. Nestas condições, torna-se mais relevante a acção das marés e das ondas (entre outros factores vigentes na vertente do Cabedelo voltada ao mar),[149] resultando uma maior acumulação sedimentar na extremidade norte do Cabedelo, o que implica a aproximação desta estrutura à margem direita do rio.

IX.3.3.3 – O POSICIONAMENTO DO CABEDELO

Relativamente ao posicionamento do Cabedelo, os levantamentos realizados permitem traçar algumas considerações, conquanto sejamos de opinião que este seja o fenómeno em que se torna mais difícil avaliar a tendência evolutiva da restinga, dado o relativamente curto período de observação (BAPTISTA et al., 2003).

Vimos, anteriormente,[150] que o Cabedelo parece migrar para montante desde há algumas décadas. Das campanhas realizadas no âmbito desta dissertação é possível deduzir que a área voltada para o mar é muito mais dinâmica do que a faixa localizada para montante, que contacta com as águas estuarinas, já que os contornos externos do Cabedelo e as respectivas estruturas internas são similares no lado voltado para o rio, ao longo das várias épocas de observação, enquanto que diferem claramente no lado voltado para o mar (ver Figura IX.6)

[148] Ver ANEXO 3.
[149] Cf. Capítulo VIII.4.
[150] Cf. Capítulo VIII.3.2.

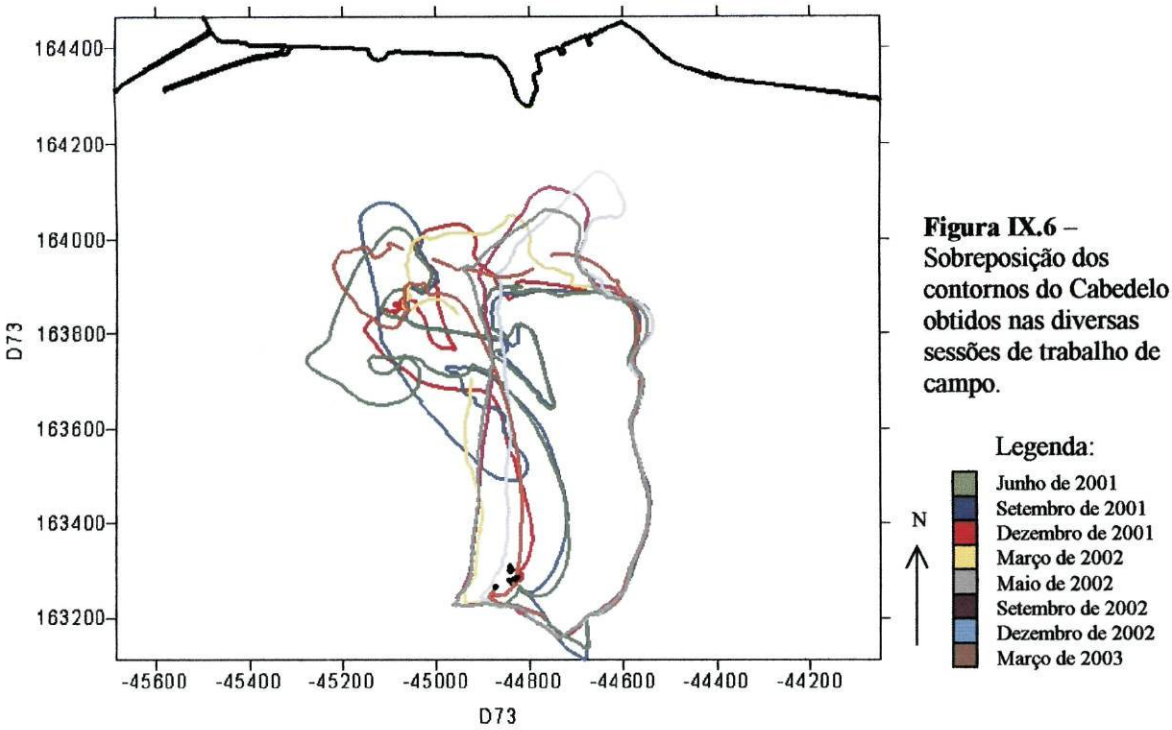


Figura IX.6 – Sobreposição dos contornos do Cabedelo obtidos nas diversas sessões de trabalho de campo.

Relativamente às configurações externa e interna na vertente voltada para o oceano, é possível verificar a ocorrência de variações posicionais consideráveis, mesmo sazonalmente. Esta faixa, inicialmente bastante encurvada para o interior (em Junho e em Setembro de 2001), com as pedras do Maroiço rodeadas por água, registou uma recuperação contínua da quantidade de sedimentos, até ficar praticamente alinhada na direcção N/S (nos levantamentos de Maio, Setembro e Dezembro de 2002).

As pedras do Maroiço (evidenciadas a negro na figura) foram totalmente rodeadas por sedimentos, verificando-se um aumento considerável de areias em toda a estrutura da restinga, até Dezembro de 2002. Só após este período se registou um ligeiro recuo deste flanco do Cabedelo, para Leste, e, em Março de 2003 é possível visualizar um ligeiro encurvamento da estrutura arenosa para o interior.

As variações sazonais encontradas ao longo das diversas monitorizações efectuadas poderão indicar-nos que o posicionamento da restinga deverá sofrer, igualmente, modificações, se tivermos em conta um período de tempo mais longo. Nos capítulos VIII.3.6 e VIII.4.1.1.2 abordámos essa possibilidade, pelo que procurámos fazer a sobreposição de alguns dados de campo com exemplares cartográficos mais antigos. Da análise das Figuras IX.7 e IX.8 é possível verificar que o posicionamento do Cabedelo não difere muito entre a actualidade e 1999, mas no que respeita à carta topográfica datada de 1981 a situação diverge consideravelmente. O Cabedelo encontra-se, actualmente, onde,

naquela época, se localizava a bacia de S. Paio. Poderão estes dados levar-nos a concluir que, de facto, o Cabedelo tem migrado para montante. A costa portuguesa estará, então, sob efeito do avanço do mar, pelo que o estuário do Douro reage, procurando um novo nível de base, necessariamente para montante.

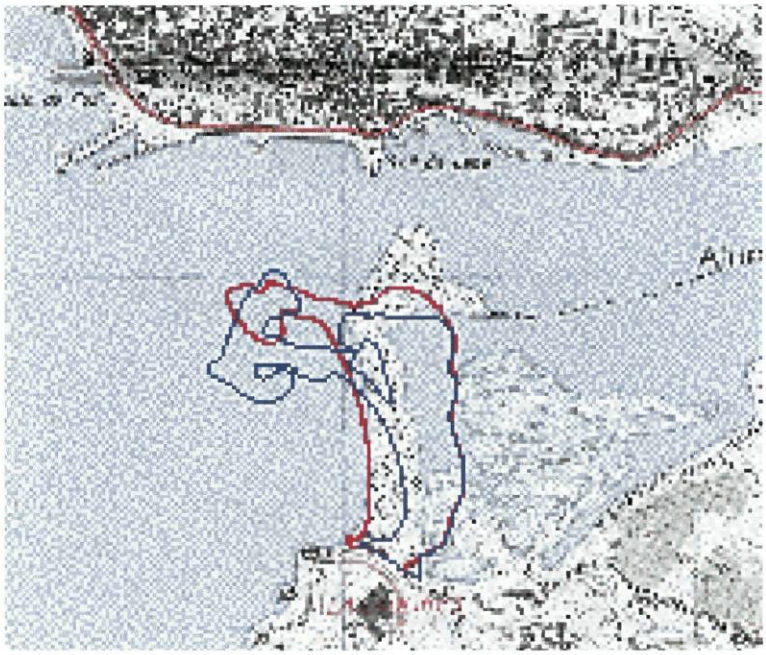


Figura IX.7– Sobreposição do primeiro e do último levantamento efectuados no Cabedelo através de GPS com a Carta Militar de Portugal, Folha 122, de 1999, à escala 1:25000. (escala da figura 1:21350).

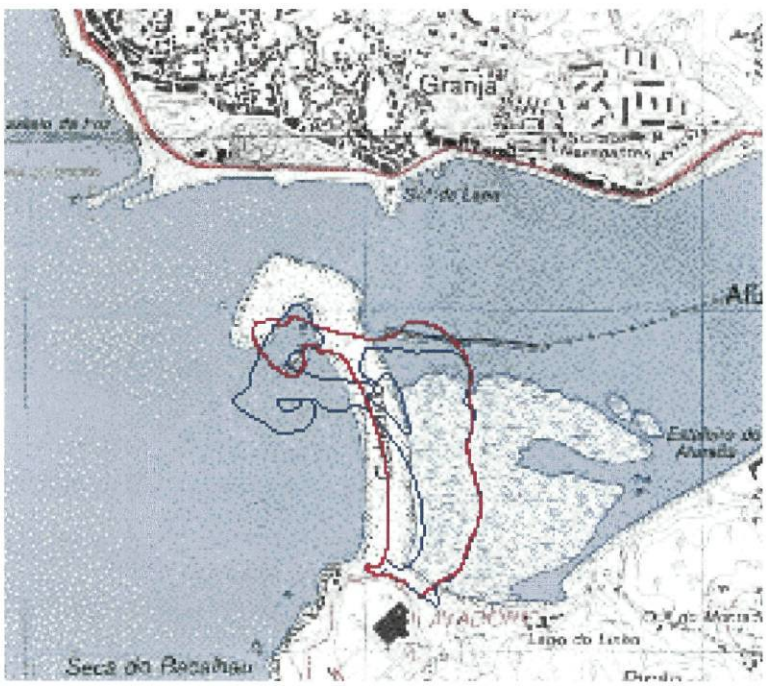


Figura IX.8 - Sobreposição do primeiro e do último levantamento efectuados no Cabedelo através de GPS com a Carta Militar de Portugal, Folha 122, de 1981, à escala 1:25000. (escala da figura 1:22250).

IX.3.3.4 – ÁREA E VOLUME DO CABEDELO.

Com os dados obtidos no trabalho de campo, nomeadamente a partir das grelhas efectuadas Figura IX.10, é possível avaliar as variações de volume e de área do Cabedelo nas épocas em que foram efectuadas as monitorizações, possibilitando uma análise da capacidade de adaptação do Cabedelo aos factores que afectam a sua estrutura e que condicionam a disponibilidade sedimentar da região.

IX.3.3.4.1 – O VOLUME DO CABEDELO

As tabelas do Quadro IX.5 e das Figuras IX.9 e IX.11 reúnem a distribuição volumétrica dos sedimentos, nos vários períodos de monitorização, por níveis de cota, tendo como referência o nível médio do mar. No Quadro IX.5 são ainda apresentadas as diferenças volumétricas entre Dezembro de 2002 e igual período de 2001, e ainda entre o primeiro levantamento volumétrico e o último (Dezembro de 2001 e Março de 2003).

Da análise das três tabelas referidas anteriormente é possível verificar uma tendência acrecionária evidente em Maio de 2002, com mais cerca de 290000 m^3 de sedimentos do que em Dezembro de 2001. Neste período regista-se um aumento volumétrico em todos os intervalos de cota, mantendo-se inalterado apenas o valor acima dos seis metros de altitude.

É abaixo do Zero Hidrográfico que se encontram os maiores volumes sedimentares, valores que diminuem sucessivamente até à cota mais elevada. Esta última corresponde à zona do Cabedelo mais estável em termos de variações volumétricas, enquanto as cotas inferiores sofrem modificações consideráveis, mesmo em curtos intervalos de tempo.

Maio e Setembro de 2002 são os meses em que os volumes se apresentam mais elevados em cada cota considerada e das tabelas anteriores podemos ver que nos meses de Inverno ocorre uma diminuição da quantidade de sedimentos no Cabedelo. Os meses de Verão são então épocas de recuperação do Cabedelo, que integra, na sua estrutura, parte dos sedimentos remobilizados nos meses de Inverno. As enchentes constituem, por isso, importantes fontes sedimentares para a costa portuguesa, possibilitando a acção posterior das ondas e das marés no que respeita à distribuição e à alimentação das zonas costeiras.

A acreção é mais evidente entre os 0 e os 5 metros de altura acima do nível médio do mar, nomeadamente entre 1 e os 4 metros, cotas que correspondem às zonas mais afectadas pela acção das marés e da ondulação.

Considerando épocas comuns em anos diferentes (Dezembro de 2001 e Dezembro de 2002), o Cabedelo revela um aumento de volume considerável, com excepção das cotas extremas consideradas. Se tivermos em conta o primeiro e o último levantamento volumétrico (Dezembro de 2001 e Março de 2003) essa tendência mantém-se, embora com diferenças mais ténues. Esta comparação de valores permite-nos referir que o Cabedelo tem, de facto, capacidade de recuperação, adaptando-se e equilibrando-se permanentemente, em função dos factores que afectam ou modificam a disponibilidade sedimentar da região.

Volume (m^3)	Dezembro 2001	Maio 2002	Setembro 2002	Dezembro 2002	Março 2003	Diferença (Dez. 02-Dez. 01)	Diferença total (Mar 03-Dez. 01)
-1.5<V<0	352290	393386	399243	347209	349201	-5081	-3089
0<V<1	197939	253162	249833	217879	200642	19940	2703
1<V<2	160531	225219	227022	191782	178308	31250	17777
2<V<3	113180	171768	174127	155862	145618	42683	32438
3<V<4	59729	104505	102570	97758	90027	38030	30298
4<V<5	22178	42913	43838	42639	42193	20460	20015
5<V<6	7576	11843	10550	10039	12349	2463	4773
V>6	3168	3168	3168	2764	3007	-404	-161
Total	916591	1205964	1210351	1065932	149341		

Quadro IX.5 – Distribuição de volumes por níveis de cota nas cinco campanhas de observação e as diferenças volumétricas entre Dezembro de 2002 e Dezembro de 2001, bem como entre o primeiro e o último levantamento.

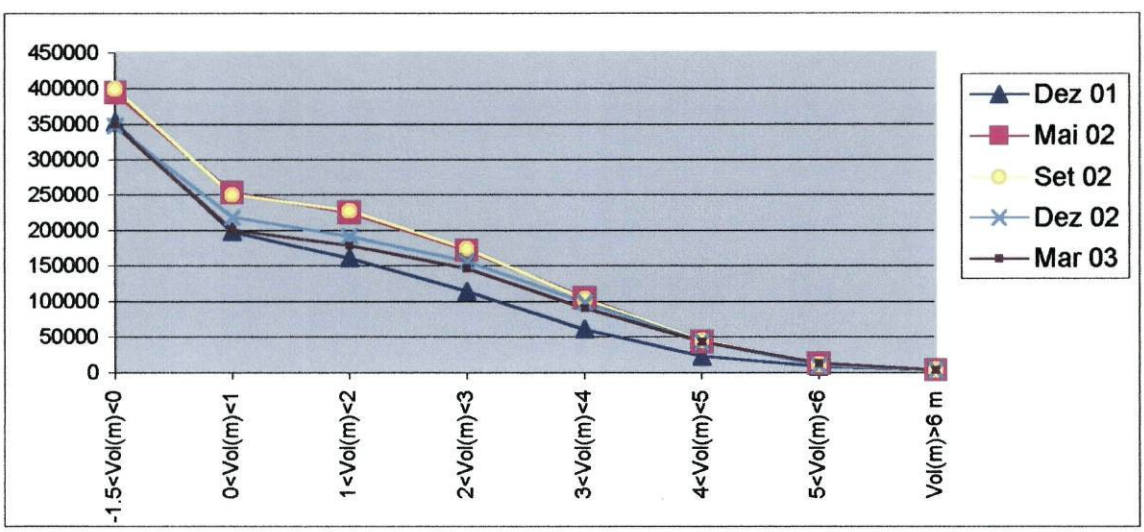


Figura IX.9 – Variação de volumes por níveis de cota em cada uma das 5 monitorizações efectuadas no Cabedelo do Douro.

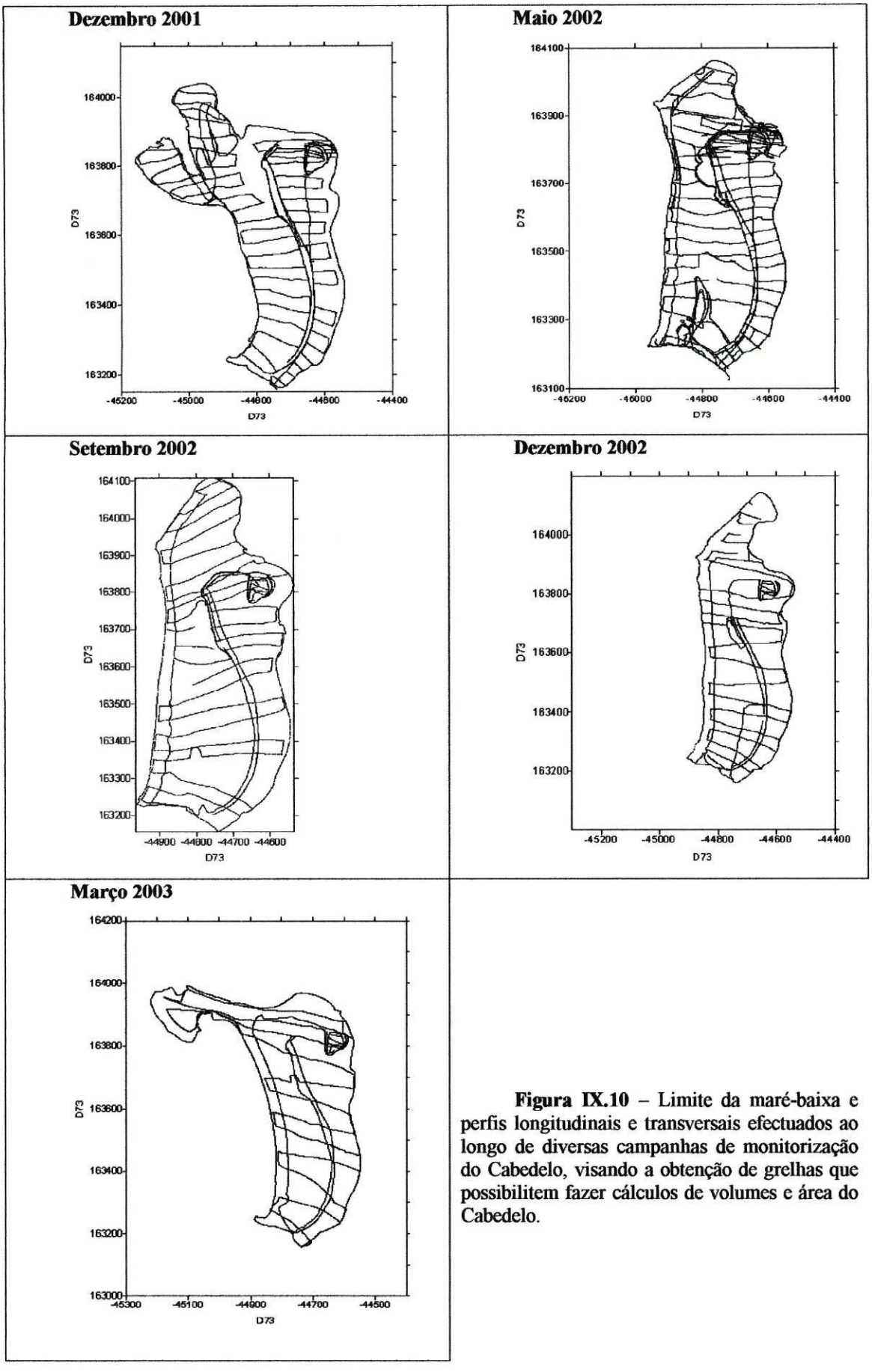


Figura IX.10 – Limite da maré-baixa e perfis longitudinais e transversais efectuados ao longo de diversas campanhas de monitorização do Cabedelo, visando a obtenção de grelhas que possibilitem fazer cálculos de volumes e área do Cabedelo.

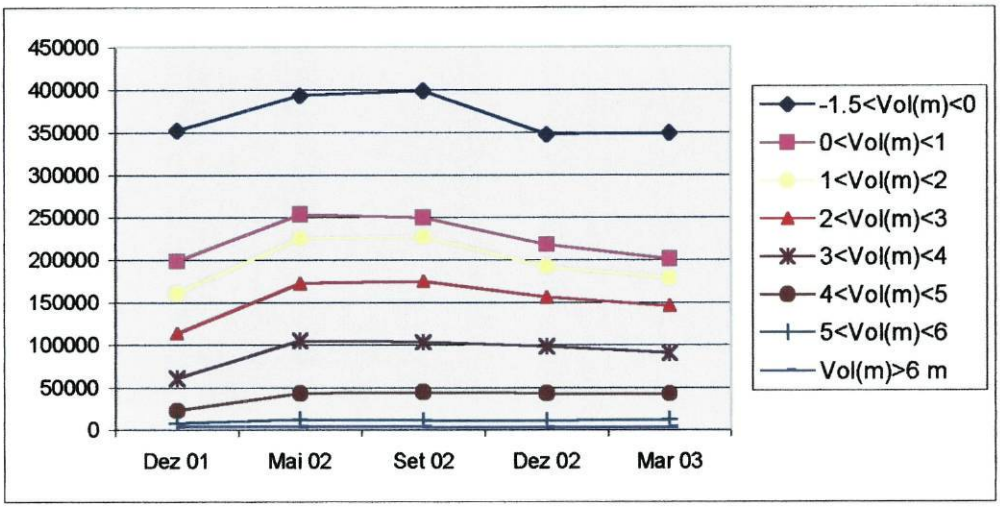


Figura IX.11 – Distribuição dos volumes sedimentares em cada época de observação, para cada nível de cota.

IX.3.3.4.2 – A ÁREA DO CABEDELO

O Quadro IX.6 evidencia a área do Cabedelo nas diversas datas de levantamento, bem como a diferença de áreas entre Dezembro de 2002 e Dezembro de 2001 e entre a última e a primeira monitorização da área do Cabedelo.

Área (m^2)	Dezembro 2001	Maio 2002	Setembro 2002	Dezembro 2002	Março 2003	Diferença (Dez. 02-Dez. 01)	Diferença total (Mar 03-Dez. 01)
Z= -1.5	249037	261646	268953	231123	235465	-17914	-13572
Z= 0 m	209267	258887	257379	226370	214645	17103	5378
Z= 1 m	182614	239666	240380	205950	189611	23336	6997
Z= 2 m	137620	204256	209599	176519	165592	38899	27972
Z= 3 m	87212	140109	137669	129100	119683	41888	32471
Z= 4 m	32773	67455	69446	65852	60848	33079	28075
Z= 5 m	13996	24963	23508	21813	24003	7817	10007
Z= 6 m	3000	3193	2650	3163	4546	163	1546

Quadro IX.6 - Distribuição das áreas por alturas métricas e a diferença nas áreas ocupadas pelo Cabedelo entre Dezembro de 2002 e Dezembro de 2001, e entre a primeira e a última monitorização com realização de grelhas (Março de 2003 e Dezembro de 2001).

No período compreendido entre Dezembro de 2001 e Março de 2003, o Cabedelo sofreu um aumento considerável de área em todas as cotas presentes na tabela do Quadro IX.6 , exceptuando o plano situado a 1,5 metros abaixo do Zero Hidrográfico, o qual evidencia uma diminuição significativa.

Estes dados reflectem uma grande remobilização de sedimentos presentes nessa cota que foram, provavelmente, integrados na estrutura em cotas superiores ou deslocados para outras zonas da costa, por acção das ondas, das marés e da corrente fluvial, entre outros factores.

Mais uma vez podemos referir que o Cabedelo aufere de uma ampla capacidade de recuperação durante os meses de Verão, embora a sua área diminua nos meses de Inverno.

Em Dezembro de 2002, a superficie do Cabedelo era bastante maior do que em igual período do ano anterior e em Março de 2003 essa situação mantém-se, embora de forma menos pronunciada.

Tendo em conta os dados de áreas e de volumes mencionados será de esperar que num levantamento efectuado após Março de 2003, os valores sejam mais elevados, reafirmando uma recuperação do Cabedelo após períodos de maiores caudais na foz do Douro.

IX.3.3.5 – Outros Elementos Morfológicos do Cabedelo

IX.3.3.5.1 – Cicatrizes de Temporais

A separação entre as áreas mais dinâmicas e as mais estáveis do Cabedelo é dada por uma linha de temporal identificada desde o início das sessões de trabalho de campo (Figura IX.12), a qual representará um episódio de tempestade muito violento, com grande avanço do mar para o interior da estrutura. Ele faz a separação entre as áreas afectadas pelas condições marinhas, situadas no lado Oeste e Norte deste limite, e as áreas mais sujeitas à acção das correntes fluviais, localizadas na vertente a montante.

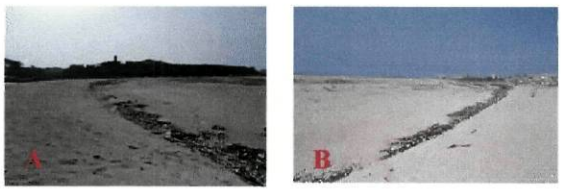


Figura IX.12 – Limite de tempestade visto para Sul (**A**) e para Norte (**B**), definindo um alinhamento longitudinal ao Cabedelo, materializado por acumulação de detritos transportados pelas águas marinhas durante um temporal.

Nos esquemas da Figura IX.13 este alinhamento é visível ao longo de praticamente todo o Cabedelo, correspondendo a uma época em que a restinga correspondia a uma estrutura muito mais delgada do que no início das monitorizações realizadas no âmbito deste trabalho, provavelmente durante as cheias do Inverno de 2000 para 2001.

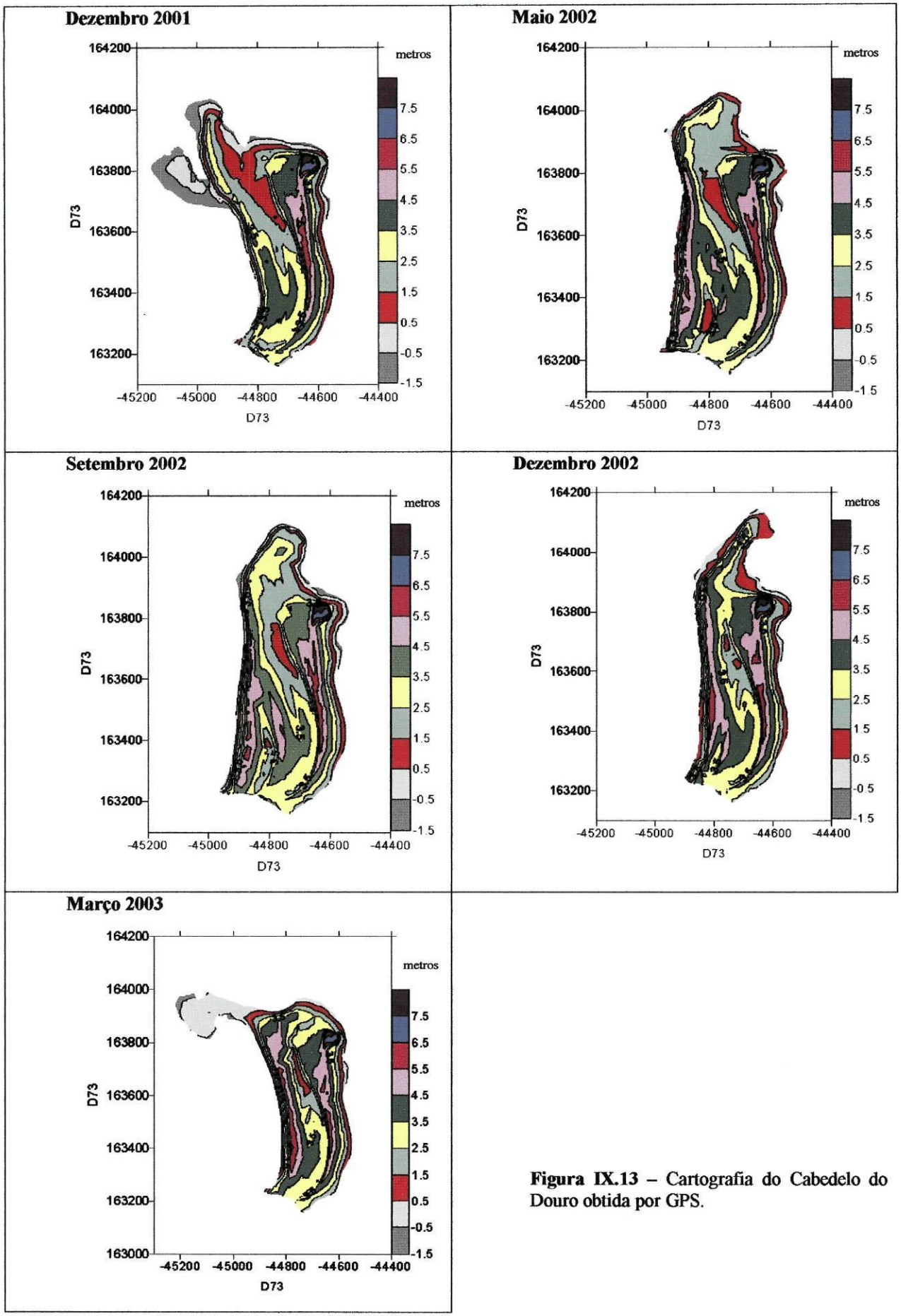


Figura IX.13 – Cartografia do Cabedelo do Douro obtida por GPS.

IX.3.3.5.2 – Lagoas Internas

Foi possível verificar, ao longo das diversas sessões de trabalho de campo realizadas, a presença de algumas lagoas internas (Figura IX.14). Estas formam-se após períodos de cheias, durante os quais as águas estuarinas galgam as areias do Cabedelo, ou mesmo avançam por acção das correntes, fendendo aquela estrutura sedimentar.

Não obstante a obtenção de grelhas se processar apenas a partir de Dezembro de 2001, a evolução morfológica do Cabedelo desde Junho até Setembro desse ano, presente na Figura IX.13, permite-nos identificar uma área que veio a constituir uma lagoa interna.

Figura IX.14 – Lagoa interna do Cabedelo em fase de colmatação.

Na Figura IX.13, imagem que tenta elucidar sobre os relevos do Cabedelo, essas acumulações de água encontram-se nas zonas representadas a vermelho. Nos meses mais secos, estas lagoas internas evaporam, por um lado e, por outro, são colmatadas pela sedimentação crescente. Consequentemente, estas depressões vão ocupando áreas sucessivamente menores, desde Dezembro de 2001 até Dezembro de 2002. Não há registo de enchentes neste período, o que é possível confirmar através dos caudais presentes no **ANEXO 3**. Em Março de 2003, as lagoas ocupam uma área superior, provavelmente devido à acumulação de água, quer da chuva, quer dos galgamentos estuarinos verificados durante o aumento dos caudais. É possível visualizar, igualmente, uma forte acumulação de detritos nestas depressões, devida à acção das correntes e do vento.

IX.3.3.5.3 – Depósitos de Dragados

Os depósitos de dragados presentes na Figura IX.15 correspondem a uma elevação acentuada destacada na extremidade norte do Cabedelo. O volume destes depósitos manteve-se relativamente constante desde o início das monitorizações, surgindo representado a azul e roxo nos esquemas da Figura IX.13.

Figura IX.15 – Depósitos de dragados no Cabedelo da foz do Douro.

IX.3.3.5.4 – Vegetação

A vegetação do Cabedelo (Figura IX.16) é escassa, limitando-se às zonas onde a influência das marés e da ondulação não se fazem sentir, ou seja, nas zonas mais próximas do domínio fluvial. A vegetação confere aos sedimentos maior estabilidade, mas a forte acção das marés e das ondas, implicando amplas variações sazonais no contorno do Cabedelo na sua face Oeste, impedem o desenvolvimento da vegetação típica dunar nessa zona, confinando-o às zonas mais calmas. Também certas actividades antrópicas, como as dragagens, o pisoteio e a circulação de veículos todo o terreno, pressionam a cobertura vegetal, degradando-a.

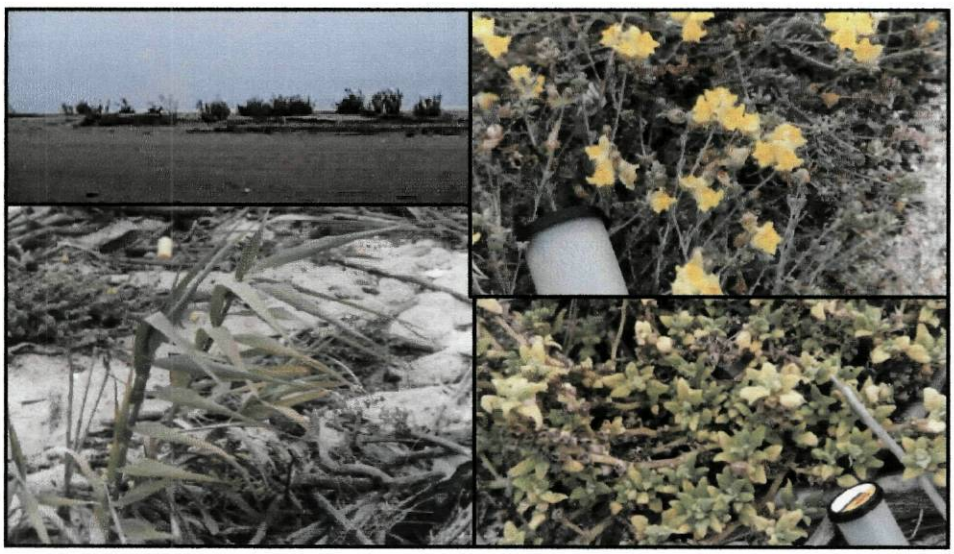


Figura IX.16 – Alguns aspectos da vegetação presente no Cabedelo.

IX.3.4 – DA ONDULAÇÃO E DAS MARÉS ENQUANTO FACTORES PREVALECENTES NA EVOLUÇÃO DO CABEDELO

O Cabedelo encontra-se numa região estuarina e, como tal, a sua morfologia é controlada por factores diversos, nomeadamente as ondas, as marés, as correntes fluviais, a disponibilidade sedimentar, o prisma tidal e a fisiografia da região. Estes parâmetros já foram avaliados anteriormente[151] e, não obstante o papel importante de cada um no comportamento da restinga, levanta-se uma questão para a qual a resposta não é simples nem directa.

Que tipos de parâmetros prevalecem na evolução morfológica do Cabedelo?

É um dos objectivos deste trabalho tentar responder a esta questão, partindo dos dados obtidos nas diversas campanhas de monitorização realizadas.

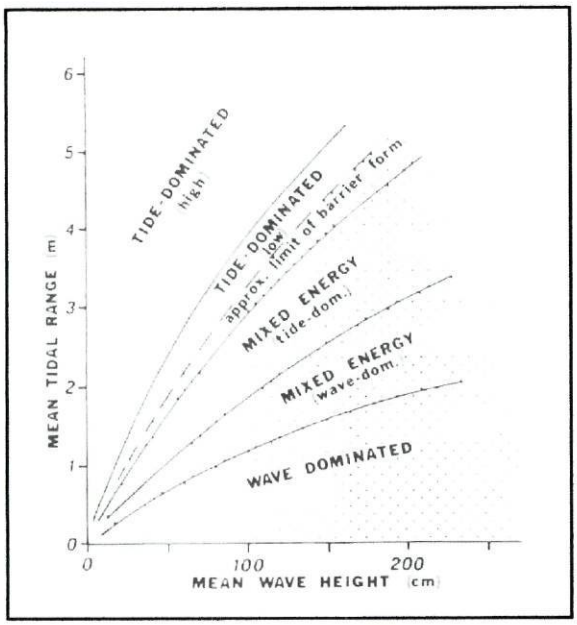
Partindo dos esquemas das figuras anteriores, podemos verificar que a vertente do Cabedelo voltada para o rio é muito estável não se verificando, ao longo do período de observação, modificações significativas, quer na sua morfologia, quer no seu posicionamento.

No flanco voltado ao mar, contudo, esta situação não se verifica, pelo que somos tentados a salientar os parâmetros ligados à acção marítima.

DAVIS et al., (1984) referem que as marés e as ondas são factores muito importantes no controlo da morfologia e da configuração da costa. Tanto um parâmetro como o outro exercem uma influência considerável no regime de sedimentação do cabedelo do Douro, mas parece-nos importante tentar deduzir, de acordo com estes autores e partindo dos dados de marés e de ondulação vigentes, qual deles exerce acção dominante nesta região da orla costeira portuguesa.

Na Figura IX.17 encontra-se o diagrama generalizado de HAYES (1979), que permite estabelecer zonas de domínio da onda e da maré e as respectivas fronteiras, tendo em conta o alcance tidal e as alturas das ondas. Na Figura IX.18 evidencia-se a relação geral entre as marés e as alturas da ondulação durante o período de observação do Cabedelo, tendo em conta o diagrama generalizado de Hayes (DAVIS e HAYES, 1984).

[151] ver capítulos VIII.3 e VIII.4.



Uma das linhas evidenciadas neste diagrama representa a fronteira entre o domínio das marés e o domínio das ondas. A linha apresentada na Figura IX.18 indica-nos essa fronteira.

Figura IX.17 – Relações gerais entre a amplitude das marés e a altura das ondas, enquanto condicionantes da morfologia costeira (in DAVIS e HAYES, 1984).

Cada um dos pontos projectados na figura representa a relação entre os valores médios das marés e das ondas obtidos durante o respectivo mês (ver **APÊNDICE 11**). De Junho de 2001 a Março de 2003, as marés atingiram valores médios de 1,96 metros a 2,04 metros e as ondas alcançaram alturas médias de 0,77 metros a 1,95 metros.

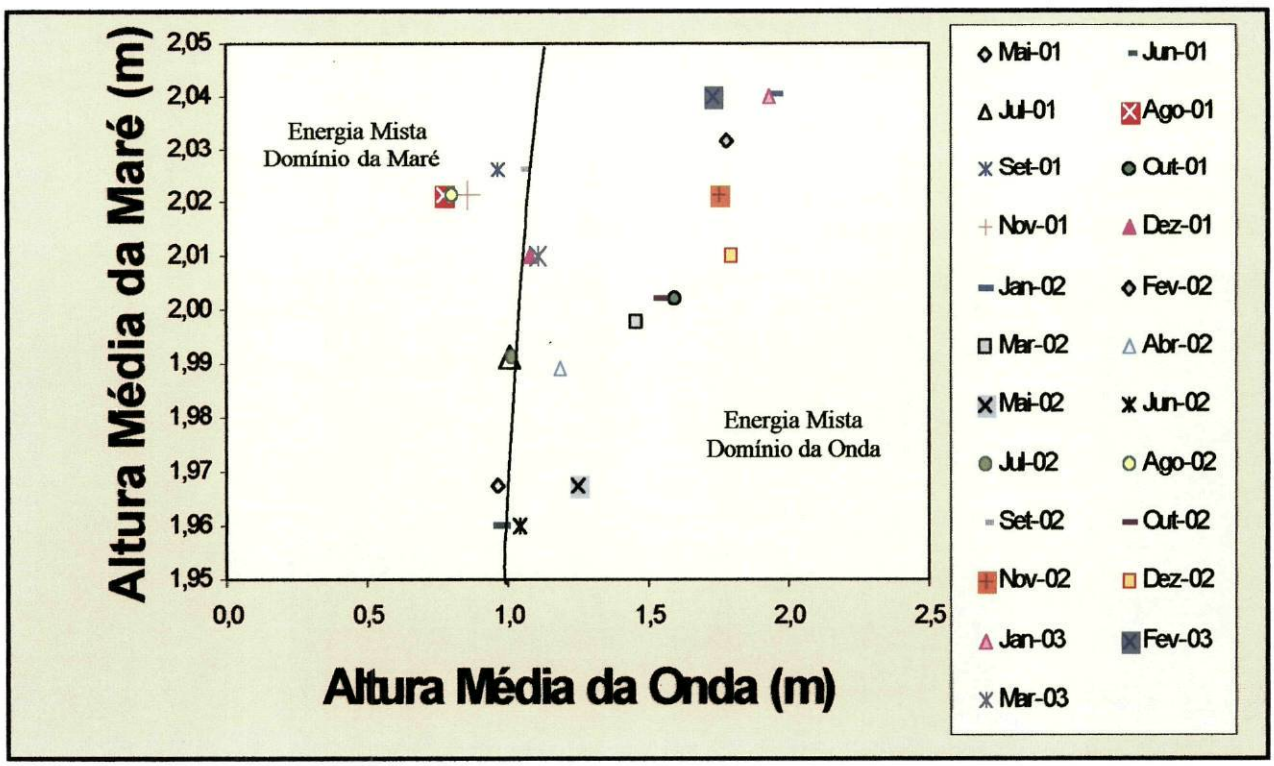


Figura IX.18 – Relação geral entre a amplitude média das marés e a altura média da onda durante o período de observação. A fronteira entre os domínios das marés e das ondas foi estabelecido de acordo com o diagrama generalizado apresentado por DAVIS e HAYES (1984).

Considerando os valores da ondulação e das marés, o diagrama construído corresponde a uma ampliação do diagrama generalizado de Davis e Hayes. Segundo estes autores, um dado trecho costeiro pode estender-se por vários domínios e é o que parece acontecer com a região do Cabedelo.

De acordo com os dados, o diagrama construído permite-nos concluir sobre as condições energéticas prevalecentes na evolução morfológica do cabedelo da foz do Douro. Podemos considerar que as condições energéticas são mistas, verificando-se um ligeiro domínio da ondulação (BAPTISTA et al., 2003). Esta situação, no entanto, não é constante ao longo do ano. Nos meses de Primavera e de Verão do período de observação, os processos tidais prevaleceram sobre os processos de ondulação, enquanto que esta dominou claramente nos meses de Inverno (BAPTISTA et al., 2003).

IX.4 – O TRABALHO DE CAMPO COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO/APRENDIZAGEM DAS GEOCIÊNCIAS

IX.4.1 – CONTEXTOS DE APRENDIZAGEM DAS GEOCIÊNCIAS À LUZ DE UMA PERSPECTIVA DE ENSINO POR PESQUISA (EPP)

A investigação em Didáctica das Ciências tem gerado, nas últimas décadas, modelos de reforma e sistemas de ensino das ciências. Particularmente desde os princípios dos anos oitenta, as investigações em psicologia da aprendizagem e em epistemologia, juntamente com a reflexão da prática pedagógica, foram configurando um novo marco psicopedagógico – o **Construtivismo** (DRIVER, 1988). Nesta época, a comunidade pedagógica reflecte sobre si própria, questionando os modelos pedagógicos em vigor, bem como os seus fundamentos epistemológicos empiristas e as influências pedagógicas behavioristas (SANTOS e PRAIA, 1992). Consequentemente são introduzidos novos quadros de referência, no âmbito de uma epistemologia racionalista e de uma psicologia cognitivista, surgindo os modelos pedagógicos construtivistas (SANTOS e PRAIA, 1992).

Neste "paradigma emergente" (NOVAK, 1988), a perspectiva construtivista do processo do ensino/aprendizagem estabelece como ponto de partida as ideias dos alunos para atingir aprendizagens significativas (GARCÍA DE LA TORRE et al., 1993).

A reflexão em torno da natureza da ciência e sobre os objectivos sócio-educacionais originam, no início do novo século, outras formas de pensar a educação em ciência, o que se repercute no âmbito didáctico, surgindo uma nova perspectiva de ensino – o **Ensino por Pesquisa (EPP)**.

Nesta perspectiva os conteúdos programáticos passam a ser vistos como meios para a aprendizagem e não como fins de ensino, valorizando-se os interesses sociais e pessoais dos alunos, geradores de maior motivação para a aprendizagem, e os problemas discutidos na aula nascem de problemáticas com fortes raízes sociais, que levam a um exercício de pesquisa intra ou intergrupal (CACHAPUZ et al., 2000).

Pretende-se, igualmente, levar os alunos à compreensão da ciência, da tecnologia e do ambiente, bem como as inter-relações entre estes componentes e as suas implicações para a sociedade, envolvendo-os afectiva e cognitivamente, sem conduções muito marcadas pelo professor (CACHAPUZ et al., 2000).

No Ensino por Pesquisa a educação em ciência visa garantir que as aprendizagens se revelem úteis para o dia-a-dia, não numa visão meramente instrumental, mas numa perspectiva de acção, que contribua para o desenvolvimento pessoal e social dos jovens. Neste sentido, a investigação didáctica (CACHAPUZ et al., 2000) revela que é cada vez mais importante o apelo:

- à inter e transdisciplinaridade – decorrentes da necessidade de compreender o mundo na sua globalidade e complexidade;
- à resolução de situações problemas do quotidiano - promotoras da construção de conhecimentos e da reflexão sobre os processos da ciência e da tecnologia e suas implicações para a sociedade e o ambiente, bem como do desenvolvimento de capacidades, de competências, de atitudes e de valores;
- ao pluralismo metodológico – com recurso ao trabalho de campo e laboratorial e à exploração da história da ciência, por exemplo;
- aos desafios de uma avaliação formadora, envolvendo todos os intervenientes do processo ensino-aprendizagem. Esta avaliação deve ter em conta as aprendizagens nos diferentes espaços, desde a sala de aula, passando pelo laboratório e o campo (CLAUSS, 1994), incidindo sobre os objectivos conceptuais, processuais ou atitudinais propostos (PEDRAJAS e GARCÍA-MONTOYA, 1996).

É através do envolvimento activo dos alunos que se podem propiciar as condições necessárias para a construção dos seus próprios conhecimentos. Nesta perspectiva construtivista considera-se que a aprendizagem será tanto mais efectiva quanto maior for o contacto dos alunos com contextos que favoreçam essa interacção.

Na sala de aula ou no laboratório, o aluno deve ser o agente da sua aprendizagem, acompanhada do desenvolvimento de conhecimentos, capacidades, atitudes e valores (GARCÍA DE LA TORRE, 1994).

Devemos ter em conta a especificidade de cada um dos espaços onde decorre o ensino da Geologia e das Geociências em geral: a sala de aula, o laboratório e o campo.

Tendo em conta o trabalho de campo desenvolvido no âmbito desta dissertação, é sobre esta metodologia que importa reflectir um pouco, numa época em que as Geociências assumem alguma importância nos *curricula* do Ensino Básico e Secundário.

IX.4.2 – A IMPORTÂNCIA DO TRABALHO DE CAMPO NO ENSINO/APRENDIZAGEM DA GEOLOGIA NUMA VERTENTE CTSA

Considerando a complexidade dos fenómenos geológicos, não é fácil a transposição, para a sala de aula, dos contextos espacial e temporal em que eles decorrem, pelo que o acesso ao campo é primordial para uma compreensão efectiva daqueles fenómenos. De facto, as actividades de campo são fundamentais na aprendizagem dos conceitos de Geologia, pois sem elas o aluno tem que imaginar os fenómenos geológicos, o que gera, inevitavelmente, deformações da realidade (PASCHOALE, 1988).

Para alguns autores, as práticas laboratoriais devem ser articuladas com o trabalho de campo (WILKINSON e TITMAN, 1996; FUTURO et al., 1996*b*). Para outros investigadores, as actividades desenvolvidas no campo são fundamentais na aprendizagem das geociências, constituindo o campo, o laboratório da Geologia (COMPIANI e CARNEIRO, 1996).

O trabalho de campo deve reger-se por um conjunto de objectivos que vão mais além do que as meras observação e descrição do meio. No ensino da Geologia, as actividades de campo podem desenvolver, nos alunos, a curiosidade pelo melhor conhecimento do mundo natural (KARABINES et al., 1992; FUTURO et al., 1996*a*), ajudando à sua compreensão e

interpretação, ou seja, não se trata de «aprender Geologia de campo, mas sim Geologia no campo» (PEDRINACI et al., 1994, p.41).

Segundo PEDRINACI et al. (1994) o trabalho de campo é normalmente planeado como uma actividade de descoberta autónoma ou como uma observação dirigida pelo professor. Para os mesmos autores existe, no entanto, um trabalho de campo alternativo, centrado na resolução de problemas.

As actividades didácticas de Geologia de campo devem, partindo de uma visão construtivista da aprendizagem, ter como objectivo a aprendizagem significativa de novos conceitos, o desenvolvimento de capacidades e atitudes, utilizando como estratégia um modelo investigativo baseado na formulação e resolução de problemas.

Num trabalho de campo tradicional, o professor é o centro do processo de ensino/aprendizagem, descrevendo conceitos e fenómenos geológicos no campo. No trabalho de campo investigativo aquele processo é centrado no aluno, direccionando-se as actividades para a resolução de um determinado problema, ou para a formulação de problemas teórico-práticos (COMPIANI e CARNEIRO, 1993; VILASECA e BACH, 1993). Os estudantes decidem autonomamente os passos da investigação, e ao professor compete orientar os trabalhos, esclarecendo dúvidas, incentivando os estudantes e evitando a dispersão da pesquisa. MANNER (1995) refere que o trabalho de campo, quando planeado segundo uma perspectiva investigativa, proporciona ao aluno o contacto com a metodologia científica, beneficiando ao nível das capacidades, conhecimentos e atitudes.

Para ORION (1989) a «saída de campo» depende, basicamente, da preparação e dos métodos aplicados. Consequentemente, esta actividade deverá ser planificada articuladamente com outras estratégias, no laboratório ou na sala de aula, pelo que deverá estar integrada no currículo (ORION, 1989, CLAUSS, 1994; GARCÍA DE LA TORRE, 1994; PEDRAJAS e GARCÍA MONTOYA, 1996).

O trabalho de campo deve obedecer a diferentes fases de concretização, nomeadamente: a preparação (os alunos devem ter o quadro conceptual necessário para a compreensão dos fenómenos geológicos), a saída de campo, a análise das actividades realizadas e a avaliação (CLAUSS, 1994; PEDRAJAS e GARCÍA MONTOYA, 1996).

A saída de campo pode, então, ser planificada de acordo com o modelo de Orion (Figura IX.19), em que a aprendizagem decorre em três fases (preparação, saída e pós-viagem) que, embora estruturadas de forma independente, permitem a passagem para a fase seguinte.

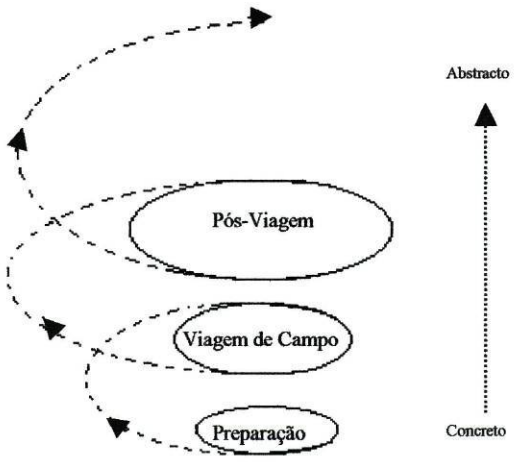


Figura IX.19 – Estrutura do modelo de saída de campo segundo ORION (1993).

No modelo proposto por Orion, de natureza construtivista, o trabalho de campo apresenta um desenvolvimento tridimensional do ciclo de aprendizagem, no qual os conceitos são hierarquizados do concreto para o abstracto, num percurso em espiral, desde a preparação da saída ao campo até à situação do pós-viagem.

Durante a saída de campo as actividades devem ser desenvolvidas em grupo, intercaladas com momentos de discussão geral (PEDRINACI et al., 1994) para clarificar as propostas dos alunos. Uma observação cuidada acompanha sempre uma observação pensada e o trabalho de campo, embora constituindo o centro da aprendizagem, continuará na sala de aula, com a discussão e o confronto de ideias (PRAIA e MARQUES, 1995).

Antes, durante e depois da saída de campo é importante a construção progressiva dos conceitos-chaves desta ciência (GARCÍA DE LA TORRE et al., 1993). Tendo em conta que os conceitos são a base da formulação de hipóteses por parte dos alunos, é necessário ter a certeza de que eles estão bem construídos na mente dos discentes. Impõe-se, portanto, uma fase prévia, relativamente ao trabalho de campo, durante a qual se deve reflectir sobre os conceitos e os princípios geológicos que o aluno tem de conhecer, e que teorias geológicas é necessário ter em conta (GARCÍA DE LA TORRE, 1994).

Consequentemente, o trabalho de campo, enquanto como estratégia de ensino, deverá ser explorado na formação de professores de Geologia. O conhecimento do modo como os professores organizam e aplicam as actividades de campo, facilita o desenvolvimento de actividades de natureza construtivista, contribuindo para a formação efectiva dos professores e, consequentemente, dos alunos.

A optimização das saídas de campo exige uma planificação didáctica adequada (ANGUITA e GARCÍA DE LA TORRE, 1992), já que a observação científica não é ocasional, mas antes uma actividade mental complexa que deve envolver uma planificação

e uma recolha de dados de acordo com um referencial teórico previamente estabelecido (PRAIA, 1995).

BRUSI (1992), num estudo aprofundado dos trabalhos de campo integrados nas Ciências Naturais, explica o porquê das saídas de campo, onde fazê-las, o que desenvolver e como realizá-las.

A importância das actividades de campo no ensino da Geologia tem sido enfatizada por incontáveis autores, existindo um real consenso entre os geólogos sobre esta matéria (CARNEIRO et al., 1992; COORAY, 1992). O trabalho de campo é essencial para o ensino/aprendizagem das Ciências Naturais (particularmente da Geologia) pelo seu valor educativo (VAQUERO et al., 1994; COMPIANI e CARNEIRO, 1993; GARCÍA DE LA TORRE et al., 1993; GARCÍA e MARTINEZ, 1993; DOURADO e SEQUEIRA, 2001).

Não obstante o trabalho de campo, enquanto estratégia de ensino da Geologia, ter vindo a ser esquecido, se não mesmo banido da prática lectiva (PRAIA e MARQUES, 1997), o seu valor educacional é igualmente admitido pelos professores (EULEFELD, 1976; GOTTFRIED, 1979; ANGUITA e ANCO-CHEA, 1981; FIDO-GAYFORD, 1982; BUIZA et al., 1984; BOSWELL, 1985; NIEDA, 1987; COORAY, 1991; GARCÍA DE LA TORRE, 1994). Contudo, no que toca ao seu rendimento as opiniões não são tão unânimes (BENNETT, 1965; BRADY, 1972; PECK, 1975; VAQUERO et al., 1988; KERN e CARPENTER, 1986; VAQUERO, 1990; VAQUERO et al., 1994).

Para PRAIA e MARQUES (1997) a organização de percursos, a cartografia geológica de pequenas áreas seleccionadas e a procura de respostas a problemas de geologia ambiental, constituem práticas mais sustentadas por parte dos professores relativamente ao trabalho de campo.

THOMPSON (1982) estabelece algumas das finalidades do trabalho de campo em Geologia, nomeadamente:

- Mobilização dos saberes geológicos adquiridos previamente;
- Construção de representações, partindo da interpretação de fenómenos geológicos;
- Levantamento de problemas a partir de dúvidas e questões;
- Formulação de hipóteses para confronto com os conhecimentos adquiridos;
- Desenvolvimento de atitudes e valores relacionados com as actividades realizadas no meio ambiente.

Contudo, o trabalho de campo não constitui, só por si, sinónimo de uma aprendizagem de sucesso em Geologia (ORION e HOFSTEIN, 1994). Existem grupos de dificuldades,

inerentes à sua implementação, que é necessário ter em conta aquando do seu planeamento (MARQUES et al., 1996).

O trabalho de campo torna-se especialmente benéfico quando o professor o coloca como passo intermédio entre uma aprendizagem de nível cognitivo mais baixo e uma de nível mais alto, permitindo ao aluno uma transição mais fácil do concreto para o abstracto (REBELO e MARQUES, 2000).[152]

IX 4.2.1 – O ENSINO CTSA (CIÊNCIA/TECNOLOGIA/SOCIEDADE/AMBIENTE)

Se a sociedade actual é caracterizada por um desenvolvimento interligado da ciência e da tecnologia, é lógico que as propostas de actuação curricular não se afastem desta orientação geral.

Nos anos oitenta, em simultâneo com os novos desafios sócio-pedagógicos, surgiu o **Movimento CTS** (Ciência/Tecnologia/Sociedade), aglutinador de múltiplas respostas educativas a problemas CTS (SANTOS, 1999). Neste movimento, a educação pode traduzir-se em múltiplas abordagens (ZIMAN, 1994), destacando-se as vertentes transdisciplinar, histórica, social, epistemológica e problemática. É lógico que podem ser exploradas, intencionalmente, combinações dos diferentes componentes CTS (Figura IX.20), cabendo aos professores a escolha das mais apropriadas, tendo em conta os alunos a que se destinam (SANTOS, 1999).

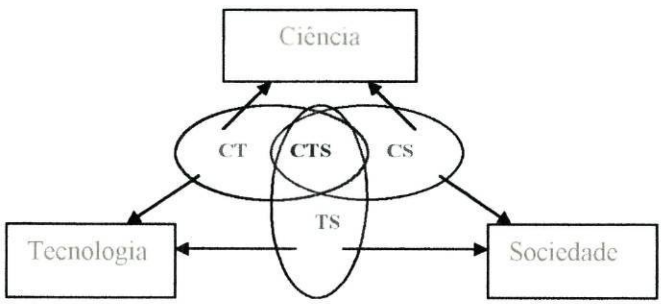


Figura IX.20 - Interacções do tipo CTS (adaptado de SANTOS, 1999).

Na revisão curricular recentemente implementada no ensino básico, a perspectiva CTS é contemplada, constituindo «uma vertente integradora e globalizante da organização e da aquisição dos saberes científicos» (GALVÃO et al., 2001, p.13).

---

[152] Cf. Figura IX.17 (ORION, 1993).

Optámos por incluir a dimensão "Ambiente" na sigla CTS, pois é nela que todos os outros componentes exercem fortes pressões, acarretando consequências mais ou menos graves que, em última instância, se repercutem nas dimensões restantes. Referimo-nos, então, neste trabalho, a uma vertente CTSA do ensino das ciências, aliás referida por vários autores, como CACHAPUZ et al., (2000); FREIRE et al., (2001), entre outros.

O sistema CTSA constitui um sistema dinâmico em que a inter-relação e intercomunicação são estratégias de diálogo entre os seus subsistemas.

No ensino CTSA, a aprendizagem dos conceitos decorre de situações-problemas, cuja solução os alunos sentem necessidade de encontrar. Ultrapassa-se a dimensão disciplinar, pois a resolução dos problemas exige a intervenção de múltiplos domínios do saber.

Obviamente, esta perspectiva de ensino das ciências afasta-se do ensino tradicional, ainda dominante nas escolas, o qual impede uma visão mais global dos problemas.

Para que as orientações já instituídas curricularmente tenham sucesso, é necessária uma visão clara, sistematizada e fundamentada, por parte dos professores, daquilo em que consistem as práticas pedagógico-didácticas com orientação CTSA.

A formação inicial e a formação contínua constituem veículos para essa visão, através de uma metodologia investigação/acção, abordando práticas educativas de cariz construtivista numa perspectiva CTSA. Fomentando uma atitude investigativa nos professores, partindo dos problemas emergentes das práticas lectivas e das suas dúvidas, crenças e teorias, eles poderão evoluir a nível pessoal, organizacional e profissional, e reunir condições para implementar uma nova metodologia de ensino.

Contudo, o ensino numa perspectiva CTSA, sendo mobilizador de um ensino por pesquisa, não deve ser confinado ao espaço da sala de aula.

As saídas de campo, pelas suas características, constituem uma ferramenta de trabalho valiosa para a construção de conhecimentos e para o desenvolvimento de atitudes e valores.

Uma saída de campo envolvendo a região da foz do Douro e, particularmente, o Cabedelo, permite o contacto directo com algumas realidades de cada uma das dimensões Ciência /Tecnologia/Sociedade/Ambiente, bem como das possíveis interacções entre elas, gerando, nos professores e, principalmente, nos alunos, a formulação de problemas e a necessidade da sua resolução.

O exercício do *ver e reflectir, agindo*, torna-se assim motor de uma construção de competências fundamentais para a sustentabilidade, tão desejada e necessária, das sociedades actuais e do futuro.

IX.4.3 – A NECESSIDADE DE PROTECÇÃO DO SISTEMA TERRA. A EDUCAÇÃO SOBRE, NO E PARA O AMBIENTE

As pressões exercidas pelo homem têm acarretado consequências graves para as sociedades que, a cada dia, se debatem com problemas tais como as diversas formas de poluição, a exploração de recursos minerais e biológicos, o aumento do efeito de estufa, a degradação das zonas costeiras, e muitas outras...

A despreocupação revelada por muitos gerou a preocupação de outros, crescendo a noção de que fazemos parte de um sistema com dimensão planetária, pelo que dependemos do seu equilíbrio.

Segundo MAYER (1995, 1997) todos os responsáveis (cientistas, políticos, industriais, etc.) devem tomar consciência de que o planeta Terra é um sistema cujos componentes (Litosfera, Hidrosfera, Atmosfera e Biosfera) interactuam, estabelecendo trocas de matéria e energia.

A Natureza encontra sempre o equilíbrio, evoluindo e respondendo sempre no longo curso da sua evolução geológica, biológica e das condições físico-químicas ambientais. As actividades humanas parecem estar a tornar-se precipitadoras de reequilíbrios e mutações ambientais, eventualmente comprometedores do seu futuro na Terra. Com a explosão demográfica e o consequente desenvolvimento científico e tecnológico, a nossa espécie torna-se assim uma ameaça ao equilíbrio do sistema global terrestre.

Actualmente, o Homem depende do sistema em que se insere, mas também o planeta passou a depender, além dos fenómenos naturais, da intervenção humana (Figura IX.21). A responsabilidade do Homem para com a Natureza torna-se, consequentemente, proporcional ao seu poder sobre ela (SANTOS, 1999). Esta situação gera dilemas e problemas às sociedades para os quais têm que ser encontradas soluções.

É fundamental que cada cidadão, independentemente do papel social que represente, se envolva na preservação do ambiente da Terra, para que ela continue habitável e produtiva no futuro (MAYER, 1995). São os jovens os mais receptivos para a aprendizagem, e os mais abertos à mudança, pelo que a Escola constitui um espaço para desenvolvimento de atitudes, valores e conhecimentos básicos que lhes permitam, mais tarde, corrigir erros cometidos pelas gerações anteriores.

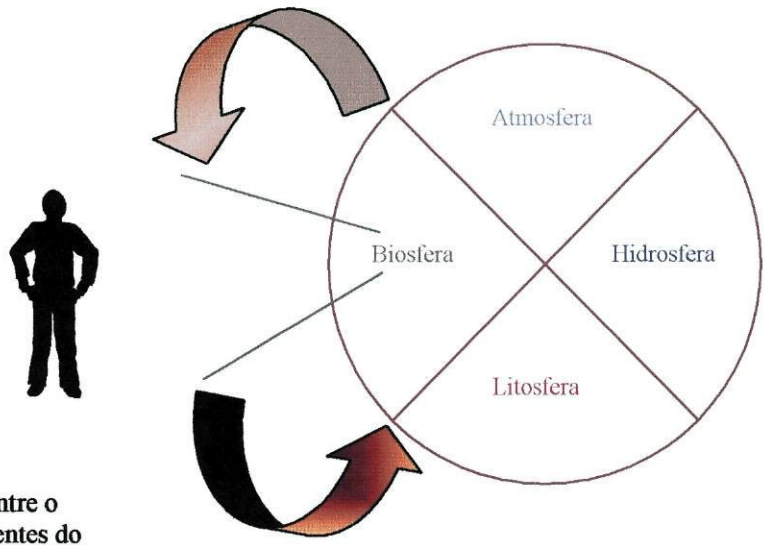


Figura IX.21 – Inter-relações entre o Homem e os diferentes componentes do ambiente que o envolve.

As Geociências, porque abrangem todas as áreas de intervenção do Homem no planeta, assumem um papel importante quando abordadas tendo em conta a Terra como um sistema (ANGUITA, 1994; MAYER, 1995, 1997).

A aprendizagem de conceitos geocientíficos, particularmente da área da Geologia passa, inevitavelmente, pelo contexto da sala de aula, mas também pelo trabalho de campo, que deverá recorrer a estratégias promotoras da construção do conhecimento, da resolução de questões dilemáticas e problemáticas e do desenvolvimento, no aluno, de valores e atitudes críticas face à actuação do Homem no ambiente.

Assim sendo, a Educação Ambiental deve ser abordada, em termos curriculares, nas diversas áreas disciplinares e não disciplinares. Os valores ambientais devem fazer parte do nosso dia-a-dia. Só desta forma poderemos viver melhor numa sociedade melhor.

A Educação Ambiental pode ser vista sob diversas perspectivas. Adoptamos aqui a de LUCAS (1980, 1992) que distingue Educação **sobre**, **no** e **para** o Ambiente:

- Educação sobre o Ambiente – desenvolvimento de capacidades e compreensão cognitiva acerca do meio envolvente e das interacções entre os seres vivos (particularmente a espécie humana) e o meio.
- Educação no Ambiente – actividades realizadas fora do espaço da sala de aula como, por exemplo, o trabalho de campo.
- Educação para o Ambiente – dirigida para a conservação e melhoria do meio.

Para este investigador, a verdadeira Educação Ambiental só é possível quando existe a componente "para" o Ambiente, ou seja, quando entre as finalidades do

programa ou das actividades propostas/realizadas se encontra a melhoria e a conservação do meio.

É óbvio ser possível estabelecer combinações entre estas três vertentes da Educação Ambiental. Conseguiremos assim não parar nem regredir, mas sim reflectir para progredir (MASSOUD, 1992), colocando o Homem numa posição ética *ecocêntrica* em relação ao ambiente (CHRISTENSEN, 1991), que chama a atenção para a responsabilidade da sociedade em relação à globalidade do meio que a rodeia, respeitando e valorizando todos os seus componentes. Trata-se, no fundo, de olhar o planeta Terra como um ser vivo (LOVELOCK, 1995, 1996, 1998), e respeitá-lo como tal.

IX 4.3.1– PROPOSTA DE ORIENTAÇÃO PARA UMA SAÍDA DE CAMPO À FOZ DO DOURO NUMA PERSPECTIVA CTSA

A preparação de uma saída de campo numa perspectiva construtivista deve considerar diversas etapas (PRAIA e MARQUES, 1997; REBELO e MARQUES, 2000), nomeadamente:

- a integração da saída de campo no currículo;
- a organização hierárquica de conceitos – do concreto para o abstracto e a sua distribuição ao longo das paragens a efectuar;
- a selecção da área de estudo – deve encontrar-se, preferencialmente, próxima da escola e ser escolhida de acordo com as potencialidades que encerra para o ensino/aprendizagem.

É importante definir as paragens a efectuar, tendo em conta os factos a observar, o acesso fácil e o espaço necessário para o desenvolvimento das tarefas, sem exigência de esforço físico por parte dos alunos e existindo sempre uma relação lógica, do ponto de vista educacional, entre as paragens.

- a planificação do roteiro – deve ter-se em conta que:
  - a distância entre as paragens não deve exceder 15 minutos a pé ou 30 minutos de carro;
  - para cada saída de campo de um dia, não deverão efectuar-se mais de 4 ou 6 paragens, não excedendo, cada uma, mais do que 1 hora;
- a construção de estratégias de ensino/aprendizagem, por exemplo, um guião de campo, orientador do trabalho a desenvolver pelos alunos ao longo das paragens efectuadas, e mini-posters para orientação do trabalho do professor.

De acordo com estas indicações, e valorizando os parâmetros de Educação Ambiental referidos por LUCAS (1980, 1992) elaborámos o quadro seguinte com uma proposta de planificação de uma saída de campo à foz do Douro, para alunos de Ciências Naturais do 3° Ciclo. A figura seguinte reúne os locais para cada paragem proposta.

	Locais a Estudar
1ª Paragem	✍ Molhe norte de Leixões (Leça da Palmeira)
2ª Paragem	✍ Molhe sul de Leixões (Praia de Matosinhos)
3ª Paragem	Foz do Douro (Porto): ✍ Porto de Carreiros ✍ Molhes de Felgueiras e Touro ✍ Castelo de S. João da Foz ✍ Meia-Laranja ✍ Farol de S. Miguel-o-Anjo e Marégrafo ✍ Ribeira da Granja
4ª Paragem	✍ Zona ribeirinha do Porto ou de Vila Nova de Gaia
5ª Paragem	✍ Bacia de S. Paio e Cabedelo

Quadro IX.7 – Locais a visitar em cada paragem.

A saída de campo não deve constituir uma actividade inicial, mas sim ser precedida por uma fase de preparação e seguida da discussão dos conceitos mais abstractos e das questões abertas colocadas durante a saída. A avaliação dos conhecimentos, capacidades e atitudes adquiridos, bem como da metodologia seguida na formação de cidadãos preocupados com o ambiente e a sociedade em que vivem, revela-se fundamental para o sucesso da saída de campo enquanto estratégia de natureza construtivista, numa perspectiva CTSA.

	Antes da Saída de Campo - preparação	Trabalho no Campo	Pós-Viagem
SOBRE o Ambiente	▪ Pesquisa sobre: - Alguns dos factores que afectam a costa na proximidade da barra do Douro, nomeadamente: influência das obras portuárias e costeiras e das barragens; a importância dos sedimentos na alimentação da orla costeira; acção aero-flúvio-marinha no cabedelo;... - As litologias presentes na região, particularmente no cabedelo; - As diversas espécies animais e vegetais que vivem na zona da foz do Douro; - Os diferentes tipos de interferências do homem no equilíbrio do ambiente. ▪ Organização/hierarquização dos conceitos do currículo a abordar	▪ Observação das diferentes espécies animais e vegetais presentes e a avaliação das possíveis interferências do homem no meio ocupado por essas espécies. ▪ Registo das influências antrópicas nas zonas costeiras, particularmente na região da foz do rio Douro. ▪ Formulação de problemas e respectiva tentativa de resolução ▪ Levantamento de dados para posterior tratamento.	▪ Reflexão sobre a necessidade de mudança de atitudes infligidas no meio envolvente, no sentido da sua melhoria e/ou preservação. ▪ Debate/discussão intra e intergrupal, na sala de aula, sobre as temáticas desenvolvidas durante a saída de campo. ▪ Avaliação do papel do avanço tecnológico na qualidade de vida das sociedades humanas e das suas implicações para o meio Ambiente, através da elaboração de um trabalho de pesquisa, individual ou em grupo, focando um dos temas/problemas abordados durante a saída ao campo.
NO Ambiente	▪ Integração da saída de campo no currículo. ▪ Selecção da área de estudo. ▪ Programação das paragens a efectuar num itinerário histórico-geológico, a decorrer ao longo da marginal, desde o porto de Leixões até ao Cabedelo. ▪ Elaboração de um guião para os alunos e de mini-posters para o professor. ▪ Levantamento do material necessário para utilização durante a saída de campo.	▪ Realização das paragens propostas, de acordo com o roteiro e preenchimento do guião distribuído aos alunos. ▪ Conhecimento de diferentes fases históricas de ocupação humana da foz e inferência do papel dos avanços científicos na qualidade da vida humana e do ambiente. ▪ Contacto com tecnologias de GPS usadas no estudo da evolução do cabedelo e conhecimento básico do seu modo de actuação. ▪ Discussão intra e intergrupal, mediada pelo professor, com possível levantamento de problemas/dilemas e respectivas tentativas de resolução. ▪ Recolha de fotografias sobre pormenores da paisagem, das diferentes litologias, das fauna e flora, bem como de evidências da interferência do homem no ambiente, nomeadamente da poluição (na água e nos sedimentos), na paisagem (dragagens, construção desequilibrada, etc.). ▪ Correlação entre os conceitos do currículo e os inventariados para cada uma das paragens.	▪ Discussão intra e intergrupal, na sala de aula e mediada pelo professor, envolvendo os conceitos e as problemáticas emergidas durante a saída de campo, as respectivas propostas de resolução e os registos dos guiões dos alunos. ▪ Realização de actividades experimentais de acordo com a temática abordada, ou de outras actividades propostas pelos alunos, desde que exequíveis. ▪ Avaliação de conhecimentos, atitudes e valores, bem como da actividade de campo desenvolvida, através do preenchimento de um inquérito.
PARA o Ambiente	▪ Pesquisa bibliográfica sobre possíveis propostas de protecção ambiental destinadas às zonas da foz do rio Douro. ▪ Elaboração de um esquema condutor e de uma lista de objectivos para desenvolvimento de um trabalho de pesquisa, envolvendo a protecção do ambiente das zonas costeiras, particularmente da foz do rio Douro.	▪ Dedução dos possíveis benefícios, para o homem, da construção dos molhes do Douro, e suas prováveis consequências para o meio e para as comunidades que nele e com ele coabitam e interagem.	▪ Organização de uma proposta fundamentada para a constituição de uma área protegida, envolvendo o cabedelo da foz do rio Douro e a Bacia de S. Paio, visando o desenvolvimento sustentado desta região e o respeito pelas comunidades bióticas que a ocupam e que dela dependem.

Quadro VII.8 – Proposta de desenvolvimento de uma actividade de trabalho de campo na região da foz do Douro numa vertente CTSA.

A questão suprema para a humanidade, o problema que está na base de todos os outros e que é mais interessante do que qualquer deles, é o da determinação do lugar do homem na natureza e da sua relação com o cosmos.

Thomas H. Huxley, 1863

Toca a terra, ama a terra, honra a terra, as suas planícies, os seus vales, as suas colinas e os seus mares; descansa o teu espírito nos seus locais solitários. Porque os dons da vida pertencem à terra e destinam-se a todos, e eles são o canto das aves ao romper do dia, Orion e a Ursa, e a madrugada vista da praia sobre o oceano.

Henry Beston

CONSIDERAÇÕES FINAIS

«É noite – calou-se tudo, menos o mar, que fala sempre.»

Raul Brandão, *Os Pescadores*

CONSIDERAÇÕES FINAIS

«(...) Ó Natureza, a única Bíblia verdadeira és tu...»

Guerra Junqueiro, *A Velhice do Padre Eterno*

«Avançai para a luz das coisas e deixai que a Natureza vos ensine»

William Wordsworth (1770-1850)

O estudo apresentado abrange uma pesquisa bibliográfica extensa, além de ter implicado uma forte componente de trabalho de campo, pretendendo esta dissertação estabelecer uma interligação entre essas duas vertentes de investigação.

Foi nossa preocupação enquadrar o cabedelo da foz do rio Douro na região em que se insere, sublinhando alguns pormenores históricos e traçando as principais evidências geológicas da Bacia Hidrográfica do Douro e, particularmente, da foz do rio.

No trabalho de campo realizado no Cabedelo recorreu-se ao GPS em modo *diferencial*, processo científica e tecnologicamente avançado. Com os dados obtidos nas diversas monitorizações efectuadas estabelecemos os parâmetros gerais da morfodinâmica actual da restinga e tentámos, igualmente, validar diversas considerações teóricas respeitantes ao comportamento desta estrutura arenosa. O conhecimento da evolução actual do Cabedelo poderá traduzir-se num contributo para a formação continuada de uma consciência histórico-geológica da zona.

Os diversos contornos obtidos após o processamento dos dados de campo, correspondentes a cada sessão de trabalho, permitem verificar que o Cabedelo é uma "peça" arenosa de considerável dinâmica, apresentando a sua morfologia sensíveis variações no tempo, em função dos diferentes elementos que a vão modelando.

A restinga do Douro tem características particulares e o seu desenvolvimento será, desde a sua génese, o resultado de um compromisso aero-fluvio-marinho.

De facto, a acção de transporte e deposição por parte das águas oceânicas, a presença de detritos resultantes da erosão costeira, o transporte de aluviões efectuado pelo rio, bem como a acção acumuladora dos ventos costeiros predominantes são os responsáveis, em função dos confrontos e interacções mútuos, pela variabilidade sazonal do Cabedelo.

A maior acumulação de materiais nesta zona de equilíbrio da faixa litoral advém da diminuição das forças potenciais capazes de os transportar, ou seja, verifica-se uma

redução da velocidade das correntes, que resulta da acção contrária entre a corrente fluvial, a ondulação marítima e as correntes de maré, não sendo de desprezar a acção do vento que deixa, muitas vezes, marcas indeléveis.

Desta forma, a língua de areia do Cabedelo, crescendo no sentido dominante da corrente longitudinal, adelgaça ou engrossa ao estender-se para norte. A inversão da deriva litoral presente que acontece, possivelmente, a sul do Cabedelo, favorece o seu desenvolvimento para Norte, e a parte terminal da restinga, ora mais sujeita à corrente fluvial, ora mais sob a influência das marés ou da ondulação marítima, assim encurva para jusante ou para montante, assumindo formas rebeldes e caprichosas.

A evolução do Cabedelo tem sido observada e estudada ao longo das épocas, nomeadamente no que respeita à sua extremidade norte – a "cabeça" do Cabedelo – pelo muito que sempre condicionou o acesso náutico à barra do Douro.

O conhecimento, conquanto que por vezes apenas empírico, da morfologia da embocadura do Douro, e também a previsibilidade do seu comportamento dinâmico foram permitindo a passagem relativamente segura pela barra. Todavia, os riscos jamais deixaram de estar presentes e levaram alguns, mais destemidos ou simplesmente por fatalidade, a sérios desastres, perdendo-se, nesses naufrágios, avultados bens materiais e vidas humanas.

Mesmo após o quebramento de rochas, a empreitada de obras diversas e a realização de dragagens, a foz do rio Douro, afunilada pela presença do Cabedelo, continua a representar um perigoso obstáculo para quem o pretende transpor. Também as barragens, as obras costeiras e a exploração de recursos naturais, quer biológicos, como a pesca, quer geológicos, de que é exemplo a extracção, legal ou não, de inertes nas praias, dunas e estuários, acarretam graves e óbvias consequências para as regiões litorâneas, especialmente quando estas actividades são levadas a cabo sem planeamento cuidadoso e de modo não sustentado.

Grande parte destas acções contribuem para a mutação da orla litoral a curto, médio e longo prazos, sendo o descontrole da erosão costeira uma das mais sérias consequências delas decorrentes. Por outro lado, essa erosão costeira está intimamente associada à transgressão marinha verificada na costa portuguesa, constituindo uma parte do ajustamento à mudança global. A migração das praias para o interior materializa esse evento, sendo tal fenómeno estudado sob várias perspectivas.

Ao longo do período de observação, o Cabedelo sofreu modificações na sua área e morfologia, bem como no seu posicionamento e volume, quer total, quer por níveis de cota. Embora o período de observação tenha sido relativamente curto, foi possível

comprovar que, no Verão, a extremidade norte do Cabedelo se desenvolve ligeiramente para montante, enquanto nos meses de Inverno o mesmo segmento se volta progressivamente para Oeste, de um modo tanto mais acentuado quanto mais pluviosa for aquela estação do ano. Este fenómeno relaciona-se, claramente, com o consequente aumento dos caudais fluviais.

Tendo em conta esta situação, é aceitável concluir que, nos meses mais secos, a sedimentação é dominada pelos agentes marinhos (ondas e marés, nomeadamente), enquanto que nos meses mais chuvosos predomina a acção das correntes fluviais. Contudo é possível, em função dos dados sobre ondulação e marés recolhidos na região e época em estudo, comparar o efeito relativo de cada um destes factores na erosão/sedimentação do Cabedelo, ao longo de cada ano.

Nos meses de Verão assiste-se à predominância da acção das marés. À medida que caminhamos para o Inverno, a acção da ondulação vai-se sobrepondo à acção tidal. As marés ampliam o efeito das ondas, sendo nas épocas do ano em que a ondulação é majorada por acção de temporais que se verifica erosão do Cabedelo. Esta situação ocorre, basicamente, nos meses de transição do Verão para o Inverno.

Do Inverno para o Verão as variações volumétricas são menores e as tendências inversas, registando-se assim um acréscimo sedimentar na estrutura do Cabedelo.

O cabedelo da foz do Douro, sendo uma estrutura litoral, é afectado por toda esta dinâmica costeira, ajustando, a cada momento, a sua forma e posicionamento, numa luta permanente pelo equilíbrio. Mas a conveniência humana persiste na tentativa de domínio desta estrutura natural e, ao adoptar posturas que denotam incompreensão pela subtil potência das forças em presença, tem, por vezes, voltado contra si próprio a artificialidade das soluções que adopta, tornando-se assim evidente um confronto insensato entre a Sociedade e o Ambiente.

No início do século XXI emergiu a consciência de que o progresso nos domínios da ciência e da tecnologia implica, necessariamente, repercussões aos níveis social, ambiental e educacional. Este último elemento civilizacional – a educação – é fundamental para que as sociedades se possam compatibilizar com o meio em que vivem, e que exploram incessantemente.

O especial relevo que se procurou atribuir, nesta dissertação, ao enquadramento histórico e geológico da região em estudo não se dissocia, pensamos, do referente à questão pedagógica que tentámos, igualmente, valorizar e contextualizar.

Complementando a vertente histórica, que julgamos indutora de curiosidade e motivadora para o exercício da pesquisa, o trabalho de campo surge aqui como uma estratégia fulcral de ensino/aprendizagem da geologia, ramo da ciência que se pretende cada vez mais articulado com outras áreas do conhecimento.

Com o intuito de possibilitar aos alunos uma formação científica mais sólida, estimulando-os não só para a escolaridade mas também para a compreensão da Natureza, bem como das complexas relações entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente, propusemos uma actividade de trabalho de campo a realizar na zona da foz do Douro.

O trabalho de campo é uma ferramenta importante para o conhecimento do ambiente que nos rodeia, já que permite o contacto directo entre o observador/investigador, o terreno e as tecnologias utilizadas, ou parte delas. A interacção entre estes componentes gera um sistema de conhecimento científico que poderá e deverá ser profícuo para os alunos, preciosos membros das sociedades e, em última instância, para o ambiente.

Portugal e as suas gentes ostentam séculos de ligação cúmplice com o mar, o que lhes permitiu ampliar horizontes, conhecer o mundo e fazer história.

Mas se no passado a história era feita com engenho, ambição e coragem, hoje torna-se necessário reflectir profundamente sobre os problemas ambientais da actualidade, e conceber a sua resolução... para que a história continue.

Ao mar vêm ligar-se intimamente os rios, igualmente ricos em história, grandeza e sentimentos.

O Douro, que «começa em pedra e água e acaba em pedra e água»,[153] com os seus rabelos «navegando como cestas à flor da água»[154] constitui um «poema geológico»[155] que desejo valorizado e preservado para que, no futuro, possa ser "lido" e admirado.

A foz dourada e o rio contactando com o mar, onde nos encontrámos nos últimos tempos lembram-me, à despedida, a «saudade» de Ramalho Ortigão e espelham em mim mais algumas palavras de Raul Brandão: «esta paisagem – mar, rio e céu – entranhou-se-me na alma, não como paisagem, mas como sentimento»[156]

Que razões plausíveis poderão justificar a renúncia à luta pela preservação deste sentimento?

---

[153] TORGA, M. (1950), *Portugal*, Coimbra, p.45.
[154] FILGUEIRAS, O.L., (1989), *O Barco Rabelo: um Retrato de Família*. Porto, A.A. Cálem, p.31.
[155] TORGA, M., (1999), Diário [vol. XII], 2ª ed., 2º vol., Lisboa, p.1332.
[156] *Os Pescadores,* Paisagem Editora, Porto, p.33.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A Barra do Porto e o Salva-Vidas, a propósito do naufrágio de 29 de Março (1852). Tipografia Constitucional, Porto.

ABECASSIS, F., (1994). «Geomorphological Characterization of the Portuguese Coast», in *Proceedings of the Second International Symposium EUROCOAST – LITTORAL 94*, vol. I. Lisboa, 25-29.

ABRANTES, A.M., (1965). *Cale. Sua Origem e Localização*. Comunicação apresentada ao IV Colóquio Portuense de Arqueologia - 1965. Edições Maranus, Porto.

ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DO DOURO E LEIXÕES, (1979). *Relatório 1979*.

----------, (1991). *Projecto Atlandouro*.

----------, (1996). *Estudos das obras necessárias à melhoria da acessibilidade e das condições de segurança na barra do Douro*. Estudo de Impacte Ambiental. Resumo Não Técnico.

ALBUQUERQUE, L.M., (1969). *Arte de Navegar*. Introdução de Armando Cortesão. Agrupamento de Estudos de Cartografia Antiga. Junta de Investigações do Ultramar, Lisboa.

ALEGRIA, M.F. e GARCIA, J.C., (1995). «Evolução da Cartografia Portuguesa», in *Os mapas em Portugal. Da tradição aos novos rumos da Cartografia*, Maria Helena Dias (coord.), Edições Cosmos, Lisboa, 29-84.

ALEGRIA, M.F., (1977). «Cartografia Antiga de Portugal Continental», in Separata de *Finisterra*, Revista Portuguesa de Geografia, nº24, vol. XII, Lisboa, 170-210.

ALVES, M., (1966). «Os Encraves Granulares do Granito de Lavadores (Vila Nova de Gaia)», in *Revista da Faculdade de Ciências*, vol. XIV, 2ª Série-C., 1º fascículo, 51-60.

ANDRADE, C.F., (1990). *O Ambiente de Barreira da Ria Formosa (Algarve – Portugal)*. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Lisboa.

ANDRADE, M., (1941). «Iconografia Portuense. Plantas Antigas da Cidade (século XVIII e Primeira Metade do XIX», in *Boletim Cultural da Câmara Municipal do Porto*, vol.IV, fascículos 2-3, Junho-Setembro, 224-254.

----------, (1942*a*). «Iconografia Portuense. Plantas Antigas da Cidade (século XVIII e Primeira Metade do XIX», in *Boletim Cultural da Câmara Municipal do Porto*, vol.V, fascículo 1, Março, 68-102.

----------, (1942*b*). «Iconografia Portuense. Plantas Antigas da Cidade (século XVIII e Primeira Metade do XIX», in *Boletim Cultural da Câmara Municipal do Porto*, vol.V, fascículo 2, Junho, 227-269.

----------, (1948). «Iconografia Portuense. Plantas Antigas da Cidade (Terceiro Aditamento)», in *Boletim Cultural da Câmara Municipal do Porto*, vol.XI, fascículos 3-4, Setembro-Dezembro, 243-257.

----------, (1959). «A "Vista" Mais Antiga da Cidade», in *Separata do Boletim Cultural da Câmara Municipal do Porto*, vol.XXII, fascículos 3-4.

ANGUITA, F., (1994). «Geología, Ciencias de la Tierra , Ciencias de la Naturaleza: Paisaje de un Aprendizaje Global», *Enseñanza de las Ciencias*, vol.12, nºI, 15-21.

ANGUITA, F. e ANCO-CHEA, E., (1981). «Práticas de Campo: Alternativas a la Excursión Tradicional», in Anguita (ed.), *Primer Simposio Nacioanl de la Enseñanza de la Geología*, Universidad Complutense, Madrid, 317-326.

ANGUITA, F.; GARCÍA DE LA TORRE, E., (1992). «Algunas Consideraciones para Optimizar la Geología de Campo», *III Congreso Geologico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología.* Salamanca, vol.1, 312-317.

ARAÚJO, M.A., (1990). «Caracterização Geológica e Geomorfológica da Plataforma Litoral da Região do Porto», in *1º Simpósio sobre a Protecção e Revalorização da Faixa Costeira do Minho ao Liz*, Porto, 132-139.

----------, (1991). «Evolução Geomorfológica da Plataforma Litoral da Região do Porto», Tese de Doutoramento, Faculdade de Letras, Universidade do Porto.

ARQUIVO NACIONAL – ARQUIVO DE HISTÓRIA ANTIGA E DE CRÓNICAS CONTEMPORÂNEAS, (1933). «O Douro e S. João da Foz», vol.II , nº74 , Rocha Martins (dir.), Américo Oliveira (ed.), Lisboa, 9 DE JUNHO DE 1933, 338-339 (339).

----------, (1937). «Desventura e Fastígio do Vinho do Porto», vol.VI , nº293 , Rocha Martins (dir.), Américo Oliveira (ed.), Lisboa, 18 de Agosto de 1937, 104-106 (105).

ASSOCIAÇÃO COMERCIAL DO PORTO, (1945). *Associação Comercial do Porto e a Barra do Douro - Breves Apontamentos Históricos.* Portugália, Porto.

AZEVEDO, J.M., (1881). *Descrição Topográfica de Vila Nova de Gaia*, 2ªed.aum. (1ª ed. 1861). Por Manoel Rodrigues dos Santos, Imprensa Real. Porto.

BAPTISTA, P., BASTOS, L., BERNARDES, C., DIAS, J.A., (2002, *a*). «A GPS Based System for Monitoring Sand Movements – The Aveiro Coastline Case». *Proceedings of 6th International Symposium LITTORAL 2002.* Eurocoast. Porto, Portugal.

BAPTISTA, P., BASTOS, L., CUNHA, T., BERNARDES, C., DIAS, J.A., (2002, *b*). «Monitorização de Litorais Arenosos». *III Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia.* Aveiro, Portugal.

BAPTISTA, P., BASTOS, L., JESUS, M.E., CORREIA, E., (2003). «Morphodynamic Evolution of the Sand-Spit in the Mouth of Douro River Through DGPS Monitorization». *Proceedings do 3º IAHR Symposium on River Coastal and Estuarine Morphodynamics.* Barcelona, 1-5 de Setembro de 2003 (aceite para publicação).

BARROCA, M.J., (2001). *As Fortificações do Litoral Portuense*, col.«Portucale», Edições Inapa, Lisboa.

BASTO, A.M., (1992). *A Foz há 70 anos.* Conferência pronunciada no Colégio Brotero na noite de 26 de Junho de 1936. 2ª ed (1ª ed., 1939). O Progresso da Foz, Porto.

BENNETT, L.M., (1965). «A Study of the Comparison of Two Instructional Methods, the Experimental-field Method and the Traditional Classroom Method, Involving Science Content in Ecology for the Seventh Grade». *Science Education*, vol.49, nº5, 453-468.

BESSA, A., (1910). «As Grandes Cheias do Douro», *O Tripeiro*, 2º Ano, nº57, Porto, 331-334.

BETTENCOURT, P., (1985). «Géomorphologie et Processus D'Évaluation Récente de la Côte Sotavento (Algarve – Portugal)». Tése D.E.A., Universidade de Bordéus, Bordéus.

BORDALO E SÁ, A., (1991). «Ecologia do Estuário do Rio Douro. Abordagem da Evolução Espaço-Temporal e Inter-relações na Componente Planctónica do Compartimento Microbiológico». Tese de Doutoramento. Instituto de Ciência Biomédicas Abel Salazar, Porto, 1991.

BORGES, F:S.; MARQUES, M.; NORONHA, F., (1985). «Excursão Geológica no Complexo Gnáissico da Foz do Douro», in *Livro Guia das Excursões Geológicas da IX Reunião de Geologia do Noroeste Peninsular*. Universidade do Porto.

BORGES, F.S.; NORONHA, F.; MARQUES, M., (1987). «Metamorphic Terrains of Foz do Douro», in A. Ribeiro, R. Dias, E. Pereira, H. Merino, F.S. Borges, F. Noronha & M. Marques (coords.), *Guide-Book for Miranda do Douro-Porto Excursion. Conference on Deformation and Plate Tectonics*, Oviedo, 11-19.

BORGES, J.P., (2000). «Leixões e as Cidades», *Titan*, nº14, Associação do Portos do Douro e Leixões, Março/Abril, 2-4.

BOSWELL, G.D., (1985). «The Value of Ecological Fieldwork in the 15-19 Curriculum». *British Ecological Society Bulletin*, vol.12, nº2, 78-79.

BRADY, E.R., (1972). «The Effecctiveness of Field Trips Compared to Media in Teaching Selected Environmental Concepts». Tese de Doutoramento, Iowa State University, U.S.A..

BRAVO, M.S. e ABRUNHOSA, M.J., (1978). «Sobre a Petrologia, Composição e Origem dos Anfibolitos da Foz do Douro (Porto-Portugal)», in *Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico*, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, nº95, 4ª Série, 1-26.

BRITO, P.T., (2001). «Navegar o Douro. Um Sonho Que Demorou Três Séculos». *Titan*, nº18, Fevereiro/Março 2001. Administração dos Portos do Douro e Leixões, 12-13.

BROGUEIRA DIAS, (1997). *Estudo da Melhoria da Acessibilidade e das Condições de Segurança na Barra do Douro*, Ministério do Equipamento, do Planeamento e da Administração do Território. Administração dos Portos do Douro e Leixões.

BROGUEIRA DIAS e COUTINHO, A., (1998). «Dragagens no Porto de Leixões e Barra do Douro – Década de 90. Alimentação Artificial da Faixa Costeira Adjacente», in *Seminário sobre Dragagens, Dragados e Ambientes Costeiros*, Associação Eurocoast-Portugal, 123-133.

---------- , (1999). *Dragagens e Alimentação Artificial de Praias - Portos do Douro e Leixões*, Administração dos Portos do Douro e Leixões, Direcção de Obras e Património - 1992-1999.

BRUSI, D., (1992). «Reflexiones en Torno a la Didactica de las Salidas de Campo en Geología (I: Aspectos Funcionales e II: Aspectos Metodologicos)», in *VII Simposio de Enseñanza de la Geología*. ICE, Santiago de Compostela, 363-407.

BUIZA, C.; MARTÍN, N.; NIEDA, J., (1984). «Estudios de Ecosistemas: una Experiencia de Campo y Laboratorio. *Ayuntamiento de Madrid*, Madrid.

CABRAL, J., (1993). «Neotectónica de Portugal Continental». Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia.

CABRAL, J. e RIBEIRO, A., (1989). *Carta Neotectónica de Portugal de escala 1:1000000. Nota explicativa*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M., (2000). *Perspectivas de Ensino*. A. Cachapuz (coord.), Formação de Professores – Ciências, Textos de Apoio, nº1. Centro de Estudos de Educação em Ciência (CEEC), Porto.

CANILHO, M.H., (1975). «Contribuição para o Conhecimento do Granito de Lavadores», *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, nº19, vol.3, 171-193.

CARDOSO, A., (1998). «O Douro: Estrada Fluvial nos Alvores do Século XVIII», in Separata de *Douro – Estudos e Documentos*, vol. 3, 117-132.

CARNEIRO, C.R.; CUNHA, C.S.; CAMPANHA, G.C., (1992). «O Eterno Retorno e o Problema da Teoria e da Prática em Geologia», Campinas: UNICAMP.

CARRÍNGTON DA COSTA, J., (1938). «Geografia», in *Nova Monografia do Porto*, Carlos Bastos (org.), Companhia Portuguesa Editora, Porto, 3-16.

CARRÍNGTON DA COSTA, J. e TEIXEIRA, C., (1957). *Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50000. Folha 9-C (Porto)*. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.

CARVALHO, G.S., (1985). «A Evolução do Litoral (Conceito e Aplicações)», in *Geonovas*, nº8/9, Lisboa, 3-15.

----------, (1999). «A Responsabilidade das Estruturas Portuárias na Migração das Praias para o Interior ("Erosão Costeira")», in *Comunicações das Primeiras Jornadas de Engenharia Costeira e Portuária* , Associação Internacional de Navegação, Delegação Portuguesa, Porto, 209-226.

CARVALHO, G.S.; GRANJA, H.M., (1997). « Terraços *versus* Litoestratigrafia e Geocronologia do Plistocénico e do Holocénico da Zona Costeira do Minho (Portugal)», in *Síntese dos Conhecimentos. Estudos do Quaternário*, I, APEC, Lisboa. 25-40.

CARVALHO, G.S.; GRANJA, H.M.; MATIAS, M.; MOURA, R., (1995). «Prospecção Geofísica e Indicadores de Neotectónica na Zona Costeira do Noroeste de Portugal, a Norte do Furadouro», in *Memórias do Museu Mineralógico e Geológico*, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, nº4, 401-404.

CASACA, J.; MATOS, J.; BAIO, M., (2000). *Topografia Geral*. Lidel, Edições Técnicas, Lda. Lisboa.

CASCALHO, J., (1998). «Associações de Minerais Pesados da Cobertura Arenosa da Plataforma Continental Setentrional Portuguesa», in *Actas do V Congresso Nacional de Geologia - Comunicações*, Tomo 84, fascículo 1, Lisboa, C11-C14.

CASTANHO, J.P., (1977). «Obras Longitudinais Aderentes», in *Seminário 210 Obras de Protecção Costeira*, LNEC.

CHAMINÉ, H., (2000). «Estratigrafia e Estrutura da Faixa Metamórfica de Espinho-Albergaria-a-Velha (Zona de Ossa-Morena): Implicações Geodinâmicas». Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências, Universidade do Porto.

CHRISTENSEN, C., (1991). «Views of Nature in Environmental Education», *ENSI-News*, nº2. 10-15.

CLÁUDIO, M., (2001). *Meu Porto*. 1ª ed., Publicações Dom Quixote, Porto.

CLAUSS, F.L., (1994). «Propuestas de Itinerario Geologico por los Alrededores de Arcos de la Frontera (Cadiz)». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, nº Extra, 168-174.

CLETO, J., (1998). *Porto de Leixões*. Administração dos Portos do Douro e Leixões.

----------, (1999). «Leixões. Pequena História de Um Grande Porto». *Titan*, nº12, Novembro-Dezembro. Administração dos Portos do Douro e Leixões, 8-9.

COMPIANI, M. e CARNEIRO, C.R., (1993). «Os Papéis Didácticos das Excursões Geológicas». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, vol.1, nº2, 90-98.

----------, (1996). «The Didactic Role Played by Geological Excursions», in D.A.V. Stow e G.J.H. McCall (eds.), *Geoscience Education and Trayning*. Rotterdam: Balkema, 233-241.

COORAY, P.G., (1991). «Fieldwork: an Essencial Component of Geoscience Education and Training». *Episodes*, vol.14, nº2, 180-183.

----------, (1992). «Fieldwork: an Essencial Component of Geoscience Education and Training». *Episodes*, vol.14, nº2, 337-340.

CORTESÃO, A., (1935). *Cartografia e Cartógrafos Portugueses dos Séculos XV e XVI: Contribuição para um Estudo Completo*. 2 vols., Seara Nova, Lisboa.

----------, (1969). *História da Cartografia Portuguesa*, vols I e II, Lisboa.

COSTA, A.C., (1868). *Corografia Portuguesa*, vol.1 (1ª ed., 1706), Braga, p.318.

COSTA, F.B., (1983). *Memórias Paroquiais de Vila Nova de Gaia*, 1758. Gabinete de História e Arqueologia de Vila Nova de Gaia. Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia, p.154.

COSTA, J.C. e TEIXEIRA, C., (1957). *Carta Geológica de Portugal na escala de 1:50000. Notícia Explicativa da folha 9-A (Porto)*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

COUTINHO, B.X., (1965). «Relíquias do Porto Antigo», *O Tripeiro*, nº2, VI Série, Ano V, Porto, 44-51.

----------, (1975). *Ensaios III – Camões, Arte e História Portuense*. Porto

CRUZ, A., (1984*a*). «Da Cantareira a Carreiros. São João da Foz, Terra Milenária», *O Tripeiro*, nº1, Série Nova, Ano III, Porto, 14-16.

----------, (1984*b*). «Da Cantareira a Carreiros (2). A "Póvoa Marítima" e o Couto de D. João da Foz do Douro», *O Tripeiro*, nº2, Série Nova, Ano III, Porto, 40-42.

----------, (1984*c*). «Da Cantareira a Carreiros (5). O Castelo de S. João da Foz do Douro no Tempo dos Filipes e da Restauração», *O Tripeiro*, nº5, Série Nova, Ano III, Porto, 146-149.

CRUZ, P.B., (1998). «A Evolução do Porto de Leixões». *Titan*, nº2, Março-Abril. Administração dos Portos do Douro e Leixões, 2-4

CUNHA, P.P.; FREITAS, H.; MARQUES, J.C.; DINIS, J.; CAETANO, P., (1997). «A Protecção e Gestão de Áreas Estuarinas – Importância da Ilha da Morraceira e do Sub-Sistema Estuarino do Pranto (Estuário do Mondego, Portugal)». *Colectânea de Ideias Sobre a Zona Costeira de Portugal*. Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, Associação EUROCOAST, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 473-488.

DAVEAU, S. et al., (1985). «Mapas Climáticos de Portugal - Nevoeiro e Nebulosidade. Contrastes Térmicos». *Memórias do Centro de Estudos Geográficos*, nº7, Universidade de Lisboa – Instituto Nacional de Investigação Científica, Lisboa.

DIAS, J.A., (1984). «Evolução Geomorfológica das Arribas do Algarve», in *3º Congresso do Algarve, Textos das Comunicações*, vol.2, 705-712.

----------, (1985). «Registos da Migração da Linha de Costa nos Últimos 18000 Anos na Plataforma Continental Portuguesa Setentrional», in *Actas da I Reunião do Quaternário Ibérico*, vol. I, Lisboa, 281-295.

----------, (1987). «Dinâmica Sedimentar e Evolução Recente da Plataforma Continental Portuguesa Setentrional». Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Lisboa.

----------, (1988). «Aspectos Geológicos do Litoral Algarvio». *Geonovas*, nº10, Associação Portuguesa de Geólogos , Lisboa, 113-128.

----------, (1990). «A Evolução Actual do Litoral Português». *Geonovas*, nº11, Associação Portuguesa de Geólogos, Lisboa, 16-24.

DIAS, J.A., BERNARDO, P.; BASTOS, R., (2002). «The Occupation Of The Portuguese Littoral in 19th and 20th Centuries», in *Littoral 2002, The Changing Coast*. Eurocoast/EUCC, Porto, 85-90.

DIAS, J.A.; BOSKI, T., (1997). «Evidence of Rapid Change of Coastal Features in Portugal During The Last Millenium», *Newsletter, Subcommission on Mediterranean and Black Shorelines*, International Union for Quaternary Research, nº 19. Madrid, 82-86.

DIAS, J.A., GASPAR, L.C., MONTEIRO, J.M. (1980/81). «Sedimentos Recentes da Plataforma Continental Portuguesa a Norte do Canhão Submarino da Nazaré», *Boletim Da Sociedade Geológica de Portugal*, vol.XXII, Lisboa, 181-195.

DIAS, J.A., RODRIGUES A., MAGALHÃES F., (1997). «Evolução da Linha de Costa, em Portugal, Desde o Último Máximo Glaciário Até à Actualidade», in *Síntese dos Conhecimentos. Estudos do Quaternário*, I, APEC, Lisboa. 53-66.

DIAS, J.A. e TABORDA, , (1988). «Evolução Recente do Nível do Mar em Portugal». *Anais do Instituto Hidrográfico*, nº9, Lisboa, 83-97.

DIAS, M.H., (1995). «Os Mapas em Portugal», in *Os mapas em Portugal. Da tradição aos novos rumos da Cartografia*, Maria Helena Dias (coord.), Edições Cosmos, Lisboa, 17-20.

DICIONÁRIO ENCICLOPÉDICO DA LÍNGUA PORTUGUESA, (1992). Selecções do Reader's Digest. Salvat Editores e Publicações Alfa, Lisboa.

DIONÍSIO, S. (coord.), (1994). *Guia de Portugal. Entre Douro e Minho. Douro Litoral.* 3ªed., volume IV, Tomo I, Fundação Calouste Gulbenkian, Gráfica de Coimbra.

DIONÍSIO, S. e BRANDÃO, R., (1994). «Barcos Rabelos», in *Guia de Portugal. Entre Douro e Minho. Douro Litoral.* Sant'Anna Dionísio (coord.), 3ªed., volume IV, Tomo I, Fundação Calouste Gulbenkian, Gráfica de Coimbra, 10-13 (p.10).

DOURADO, L.; SEQUEIRA, M. (2001). «O Trabalho Laboratorial e de Campo e o Ensino das Ciências Naturais», in *Programa Resumos do IX Encontro Nacional de Educação em Ciência na Escolaridade Básica*. Escola Superior de Educação de Viseu, Viseu, 65.

DRAGO, T., (1995). «La Vasiére Ouest-Douro Sur la Plateforme Continentale Portuguaise. Son Origine, Son Rôle et son Évolution». Tese de Doutoramento. Universidade de Bordéus.

DRAGO, T., JOUANNEAU, J.; DIAS, J.A.; PRUD'HOMME, (1995). «Os Factores Condicionantes da Existência e Alimentação do Complexo Silto-Argiloso Situado a Oeste do Douro», in *Memórias do Museu Mineralógico e Geológico*, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, nº4, 917-921.

DRIVER, R., (1988). «Un Enfoque Constructivista para el Desarrollo del Currículo en Ciencias». *Enseñanza de las Ciencias*, nº6, 109-120.

ESPREGUEIRA, M.A, (1874). *Memória descriptiva do projecto d'um porto de abrigo em Leixões*, Lisboa.

Estampas & Mapas Antigos de Gaia. Sécs. XVIII a XIX, (1989). Vol.1, Afons'eiro, edições.

EULEFELD, G., (1976). «Na Ecological Approach to Restructuring School Biology». *Journal of Biological Education*, vol.10, nº4, 196-202.

EZEQUIEL DE CAMPOS, (1966). «Nótulas do Passado», in *O Rio e o Mar na Vida da Cidade - Documentos e Memórias para a História do Porto*, nº XXXVII, Publicações da Câmara Municipal do Porto, Gabinete de História da Cidade. Edições Maranus. Porto, 117-155.

FALCÃO, M.S. e BRAVO, R.P., (1992). «As Cartas Topográficas da Cidade do Porto de 1892», in *Uma Cartografia Exemplar - O Porto em 1892*. Exposição Comemorativa do 1º Centenário da Carta Topográfica de Augusto Gerardo Telles Ferreira, Arquivo Histórico da Câmara Municipal do Porto, 57-65.

FELGUEIRAS, G., (1958). «O Porto de Leixões», in *Monografia de Matosinhos*, vol.III, Câmara Municipal de Matosinhos, 612-640.

FERNANDES, J.A.R., (1989). *A Foz Entre o Rio, o Mar e a Cidade*. Associação de Cultura e Turismo da Foz, Junta de Freguesia da Foz do Douro, Junta de Freguesia de Nevogilde e Progresso da Foz.

FERNANDES, J.P., (1999). «Estudo de Alguns Aspectos de Interesse Sedimentológico do Cabedelo da Foz do Rio Douro», in *Gaya*, vol. 7 (1995-1999), Actas do 2º Congresso Internacional Sobre o Rio Douro, 1996, 1º vol. Gabinete de História e Arqueologia de Vila Nova de Gaia, 21-35.

FERREIRA, J.; ARAÚJO, M.A.; GOMES, A., (1995). «Contribuição para o Conhecimento Geológico e Geomorfológico da Praia de Lavadores (Vila Nova de Gaia)», in *Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico*, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Memória nº4, 411-416.

FERREIRA, N.; IGLÉSIAS, M.; NORONHA, F.; PEREIRA, E.; RIBEIRO, M., (1987). «Granitóides da Zona Centro-Ibérica e seu Enquadramento Geodinâmico», in Bea, F., Canicero, A.; Gonzalo, J.; López Plaza, M. & Rodriguez Alonso, M., (Eds), *Geología de los Granitoides Y Rocas Asosiadas del Macizo Hesperico*, in Libro de Homenaje a L.C. García de Figuerola. Editorial Rueda, Madrid, 37-51.

FERREIRA, Ó., (1993). «Caracterização dos Principais Factores Condicionantes do Balanço Sedimentar e da Evolução da Linha de Costa Entre Aveiro e o Cabo Mondego». Tese de Mestrado (não publicada), Universidade de Lisboa.

FERREIRA, Ó. e DIAS, J.A., (1992). «Dune Erosion And Shoreline Retreat Between Aveiro and Cape Mondego (Portugal). Prediction of Future Evolution». In *Proceedings International Coastal Congress*, Kiel, 187-200.

FERREIRA, Ó.; DIAS, J.A.; CARVALHO, G.S., (1988). *Síntese dos conhecimentos sobre a dinâmica sedimentar da zona costeira entre Peniche e o rio Minho.* Relatório DISEPLA 8/88.

FERREIRA, Ó.; DIAS, J.A.; TABORDA, R., (1990). «Importância Relativa das Acções Antrópicas e Naturais no Recuo da Linha de Costa a Sul da Vagueira», in *1º Simpósio Sobre a Protecção e Revalorização da Faixa Costeira do Minho ao Liz*, Porto, 157-163.

FIDO, H.S.A. e GAYFORD, C.G., (1982). «Field work and the Biology Teacher: a Survey in Secondary Schools in England and Wales». *Journal of Biological Education*, vol.16, nº1, 27-34.

FILGUEIRAS, O.L., (1962). «Da Navegação do Douro», in *Studium Generale*, vol.9, Porto, 193-212.

FREIRE, A.; PEREIRA, M.; VILELA, C., (2001). «Educação em Ciências e Desenvolvimento de Competências – Análise de uma Actividade Inserida em Educação para a Sustentabilidade», in *Programa Resumos do IX Encontro Nacional de Educação em Ciência na Escolaridade Básica.* Escola Superior de Educação de Viseu, Viseu, 49.

FUTURO, A.M.; LEITE, A.J.; ROCHA E SILVA, J.A.C., (1996*a*). «Fieldwork Interactive Training in Geosciences: Cognitve Acquisition», in D.A.V. Stow e G.J.H. McCall (eds.), *Geoscience Education and Trayning*. Rotterdam: Balkema, 481-487.

FUTURO, A.M.; LEITE, A.J.; MARQUES , L.; PRAIA, J., (1996*b*). «O Campo e a Sala de Aula: Dois Espaços Para a Construção da Unidade Necessária», *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, vol.4, nº2, 140-141.

GABINETE DE NAVEGABILIDADE DO DOURO, (1991). *Maintenance Dredging in the Douro River Entrance and Related Effects*. Realizado pela Hydronamic, Holanda.

GALVÃO, C. (Coord.), FREIRE, A.; LOPES, A.;NEVES, A.;OLIVEIRA, M.;PEREIRA, M., (2001). *Ciências Físicas e Naturais – Competências Essenciais no Ensino Básico*. Lisboa, Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica.

GAMA, C.; DIAS, J.A.; FERREIRA, Ó.; TABORDA, R., (1994). «Analysis of Storm Surge in Portugal Between June 1986 and May 1988». *Proceedings Littoral 94*, Lisboa, vol.1, 381-387.

GAMA, C.; TABORDA, R.; DIAS, J.A., (1995). «Factores Condicionantes da Sobreelevação do Nível do Mar de Origem Meteorológica, na Estação Maregráfica de Viana do Castelo», in *Memórias do Museu Mineralógico e Geológico*, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, nº4, 189-193.

GARCÍA DE LA TORRE, E., (1994). «Metodología y Secuenciación de las Actividades Didácticas de Geología de Campo», *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, vol.2, nº2 e nº3, 340-353.

GARCÍA DE LA TORRE, E.; SÁN ROMÁN, L.S.; RODRÍGUEZ, E.P., (1993). «Fundamentos para Aprendizaje de la Geología de Campo en Educacion Secundaria : una Proposta para la Formacion del Professorado», *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, vol.1, nº1, 11-18.

GARCÍA, M.J. e MARTÍNEZ, M.B., (1993). «Integración del Trabajo de Campo en el Desarrollo de la Enseñanza de la Geología Mediante el Planteamiento de Situaciones Problematicas». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, vol.1, nº3, 153-158.

GASPAR, J.A., (2000). *Cartas e Projecções Cartográficas*, col. «Geomática», Lidel, edições técnicas, Lisboa.

GIRÃO, A., (1941). Atlas de Portugal. Coimbra.

GOMES, A. e FERREIRA, J., (1995). «A Praia de Lavadores (Vila Nova de Gaia) – Uma Aula de Campo Para os Alunos do Ensino Secundário». in *Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico*, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Memória nº4, 3-6.

GONÇALVES, A., (1978). *A Navegação Organizada no Rio Douro*. Ministério da Habitação e Obras Públicas/Secretaria de Estado das Obras Públicas/Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos, Lisboa.

GONÇALVES, F., (1949). «A Barra do Douro no Século XVIII», *O Tripeiro*, nº1, V Série, Ano V, Porto, 9-11.

GOTTFRIED, J., (1981). «Do Children Learn on School Field Trips?», *Curator*, vol.23, nº3, 179-184.

GRANJA, M.H., (1984). *Étude Geomorphologique, Sedimentologie et Geochimique de la "Ria Formosa" (Algarve-Portugal)*. Thése 3eme cycle, Universidade de Bordéus, Bordéus.

----------, (1990*a*). «Repensar a Geodinâmica da Zona Costeira: o Passado e o Presente. Que Futuro? (O Minho e o Douro Litoral)». Tese de Doutoramento em Geologia, Universidade do Minho, Braga.

----------, (1990*b*). «Zona Costeira, Ontem e Hoje. Um Espaço e um Tempo Para Interrogações», in *1º Simpósio Sobre a Protecção e Revalorização da Faixa Costeira do Minho ao Liz*, Porto, 184-200.

----------, (1991). «Os Sistemas Dunares a Norte da Laguna de Aveiro e a Neotectónica Recente», in *Conferências e Comunicações do Seminário Zona Costeira e Problemas Ambientais*, Comissão Nacional da Associação Eurocoast. Aveiro. 53-64.

----------, (1993). «Os Conhecimentos Actuais Sobre o Holocénico do Noroeste de Portugal», in *O Quaternário em Portugal – Balanço e Perspectivas*. Associação Portuguesa para o Estudo do Quaternário (APEQ). Edições Colibri, Lisboa, 43-49.

----------, (1995). «Some Examples of Inappropriate Coastal Management Practice in Northwest Portugal», in *Directions in European Coastal Management*. Ed. M.G. Healy e J.P. Doody, EUCC, Samara Publishing Limited, Reino Unido, 541-546.

----------, (1996). «The Coastal Zone Between Minho River and Mondego Cape, Northwest Portugal», *Final Report of the EC Project Climate Change and Coastal Evolution in Europe*, vol.3. Rijks Geologischen Dienst, The Netherlands (não publicado). 1-90.

----------, (1997). «Bad Practice in the Coastal Zone of Portugal. Coastal Dynamics and Management?», in *Coastline. European Union for Coastal Conservation*, Leiden, nº2, 16-17.

GRANJA, M.H. e CARVALHO, G.S., (1991). «Quaternary Sea Level Changes in NW Portugal». *GFF Meeting Proceedings, Late Quaternary Sea Level and Crustal Deformation. Geologiske Foreningens i Stockolm Forhandlinger*, nº 111, Stockolm, 287-303.

----------, (1992). «Dunes And Holocene Deposits of The Coastal Zone of Portugal, North Mondego Cape», in Coastal Dunes (Geomorphology, Ecology and Management for Conservation). R. CARTER, T. CURTIS e M. SHEEHY-SKEFFINGTON (edts). A. A. Balkema, Roterdão, 43-50.

----------, (1994). «How Can the Holocene Help to Understand Coastal Zone Evolution?». *Proceedings of the Second International Symposium EUROCOAST – LITTORAL 94*, vol. I. Lisboa, 149-167.

----------, (1995). «Sea Level Changes During the Pleistocene-Holocene in the NW Coastal Zone of Portugal». *Terra Nova*, European Union of Geosciences, nº7, 60-67.

----------, (1998). «The Landscape of the Coastal Zone of Northwest Portugal: Its Degradation and Management. *Proceedings Forth International Conference LITTORAL 98*, European Association for Science and Technology (EUROCOAST), Barcelona, 95-100.

----------, (2000). «Inland Beach Migration («Beach Erosion») and the Coastal Zone Management (The Experience of the Northwest Coastal Zone of Portugal)». Proceedings *LITTORAL 2000*, Fifth International Conference EUROCOAST, Croatia, 413-424.

GRANJA, M.H., CARVALHO, G.S., GROOT, T., SOARES, A., PARISH, R., (1996). (Geochronology and Recent Geomorphological Evolution of Northwest Coastal Zone of Portugal». In *LITTORAL 1996 – Partnership in Coastal Zone Management*, Portsmouth, U.K., Ed. J. Taussik e J. Michell, Samara Publishing Limited, Cardigan, 297-308.

GRANJA, H.M., GROOT, T., (1996). «Sea – Level Rise and Neotectonism in a Holocene Coastal Environment at Cortegaça Beach (NW Portugal): A Case Study». *Journal of Coastal Research.* Fort Lauderdale, Florida, 160-170.

GRANJA, M.H.; RIBEIRO, I.; CARVALHO, G.S.; MATIAS, M., (1999). «Some Neotectonic Indicators in Quaternary Formations of the Northwest Coastal Zone of Portugal». Phys. Chem. Earth (A), vol.24, nº4, Elsevier Science, Ltd.323-336.

GRANJA, M.H.; SOUSA, M.M.; CARVALHO, G.S., (1990). «Quaternary Tectonic Movements in NW Coastal Zone of Portugal (Around Cávado Estuary)», in *Symposium on Geomorphology of Active Tectonics Areas*, IUG, Cosenza, Itália.

----------, (1992). «Quaternary Tectonic Movements in NW Coastal Zone of Portugal (around Cávado Estuary)». *Bulletin of INQUA Neotectonic Commission*, Stockholm, Sweden, nº15, 12-17.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J., (1992). *GPS – Theory and Practice.* Springer-Verlag Wien New York.

HUGHES, L., (2000). «Biological Consequences of Global Warming: is the Signal Already», *Tree*, vol.15, nº2, Elsiever Science, Ltd., 56,61.

IGEOE (INSTITUTO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO), (1998). *Ortofotocarta de Portugal*, Folha nº 122-III, Vila Nova de Gaia (Porto), na escala 1:10000.

INAG, (1995). *Plano de Ordenamento da Orla Costeira Caminha-Espinho. Proposta de Regulamento*. FBO Consultores.

INSTITUTO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS, (1989). *Apreciação do Estudo Hidromorfológico do Estuário do Douro.* Realizado pela Hydronamic, por solicitação da Administração dos Portos do Douro e Leixões.

INSTITUTO DE NAVEGABILIDADE DO DOURO, (2000). *Concepção/projecto e construção das obras necessárias à melhoria das acessibilidades e das condições de segurança da barra do Douro.* Projecto Base, vol.1, Memória Geral.

INSTITUTO HIDROGRÁFICO, (2000). *Tabela de Marés 2001.* Vol.1. Ministério da Defesa Nacional. Marinha. Lisboa.

----------, (2001). *Tabela de Marés 2002*. Vol.1. Ministério da Defesa Nacional. Marinha. Lisboa.

----------, (2002). *Tabela de Marés 2003*. Vol.1. Ministério da Defesa Nacional. Marinha. Lisboa.

JOHNSTON, L.R. Associates, (1992). *Floodplain Management in the Unites States: An Assessment Reprt*. Vol.2. Elaborado no âmbito da Década para a Redução dos Desastres Naturais para FIFMTF (Federal Interagency Floodplain Management Task Force).

KANDEL, R., (1990). *A Evolução dos Climas*. Terramar Editores, colecção Questões da Ciência, Lisboa.

KARABINES, P.; STOLL, H.M.; FOX, W.T., (1992). «Attracting Students to Science Through Field Exercises in Introductory Geology Courses», *Journal of Geological Education*, nº40, 302-305.

KAUFMANN, W. e FREEDMAN, R., (2000). *Universe*. W.H. Freeman and Company, (5th edition), New York, U.S.A.

KERN, E.L. e CARPENTER, J.R., (1986). «Effect of Field Activities on Student Learning». *Journal of Geological Education*, nº34, 180-183.

KÖPPEN, W., (1932). *Die Klimate der Erde: Gundin der Klima Kunde*, Berlin.

KRAFT, J.C. e CHRZASTOVSKI, M.J. (1985). «Coastal Stratigraphic Sequences», in *Coastal Sedimentary Environments*, Springer-Verlag, New York.

LAMB, A.A., (1977). *Climatique: Present, Past and Future*, vol.2: Climatic History and the Future. Methuen & Co Ltd, London.

LANHOSO, A.C., (1963). «Farol do Anjo, da Cantareira», *O Tripeiro*, nº4, VI Série, Ano III, Porto, 111-115.

LETERRIER, J. e NORONHA, F., (1998). «Evidências de um Plutonismo Calco-Alcalino Cadomiano e de um Magmatismo Tipo MORB no Complexo Metamórfico da Foz do Douro (Porto)», in A. Azeredo (coord.), *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*. Actas do V Congresso Nacional de Geologia., nº 84, vol.I, B146-B149.

LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil), (1994). *As Cheias em Portugal - Caracterização das Zonas de Risco. 3º Relatório: Bacia Hidrográfica do Rio Douro*. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Lisboa.

LOUREIRO, A., (1903). *Porto e Barra do Douro*. Separata de d'Os Portos Marítimos de Portugal e Ilhas Adjacentes, Imprensa Nacional, Lisboa.

----------, (1909*a*). «Estudos e Obras Para Melhoramentos do Porto e Barra do Douro na Antiguidade», *O Tripeiro*, nº53, 2º Ano, Porto, , 259-261.

----------, (1909*b*). «Estudos e Obras Para Melhoramentos do Porto e Barra do Douro», *O Tripeiro*, nº54, 2º Ano, Porto, 277-278.

----------, (1910*a*). «Estudos e Obras Para Melhoramentos do Porto e Barra do Douro», *O Tripeiro*, nº56, 2º Ano, Porto, 313-315.

----------, (1910*b*). «Estudos e Obras Para Melhoramentos do Porto e Barra do Douro», *O Tripeiro*, nº57, 2º Ano, Porto, 329-330.

----------, (1910*c*). «Estudos e Obras Para Melhoramentos do Porto e Barra do Douro», *O Tripeiro*, nº58, 2º Ano, Porto, 341-343.

----------, (1910*d*). «Estudos e Obras Para Melhoramentos do Porto e Barra do Douro», *O Tripeiro*, nº60, 2º Ano, Porto, 373-374.

----------, (1910*e*). «Estudos e Obras Para Melhoramentos do Porto e Barra do Douro», *O Tripeiro*, nº65, 2º Ano, Porto, 451-452.

----------, (1910*f*). «Estudos e Obras Para Melhoramentos do Porto e Barra do Douro», *O Tripeiro*, nº66, 2º Ano, Porto, 473-474.

----------, (1910*g*). «Estudos e Obras Para Melhoramentos do Porto e Barra do Douro», *O Tripeiro*, nº67, 2º Ano, Porto, 489-490.

----------, (1910*h*). «Estudos e Obras Para Melhoramentos do Porto e Barra do Douro», *O Tripeiro*, nº78, 3º Ano, Porto, 93-95.

----------, (1910*i*). «Estudos e Obras Para Melhoramentos do Porto e Barra do Douro», *O Tripeiro*, nº80, 3º Ano, Porto, 123-124.

----------, (1910*j*). «Estudos e Obras Para Melhoramentos do Porto e Barra do Douro», *O Tripeiro*, nº81, 3º Ano, Porto, 133-134.

----------, (1910*l*). «Estudos e Obras Para Melhoramentos do Porto e Barra do Douro», *O Tripeiro*, nº83, 3º Ano, Porto, 165-166.

----------, (1910*m*). «Estudos e Obras Para Melhoramentos do Porto e Barra do Douro», *O Tripeiro*, nº85, 3º Ano, Porto, 205-206.

LOVELOCK, J., (1995). *Um Novo Olhar Sobre a Vida na Terra.* Colecção Universo da Ciência, nº15, Lisboa.

----------, (1996). *A Prática Científica da Medicina Planetar*. Instituto Piaget, colecção Perspectivas Ecológicas, nº9, Lisboa.

----------, (1998). *As Eras de Gaia. Uma Biografia da Nossa Terra Viva.* Publicações Europa-América, colecção Millenium, nº15, Mem Martins.

LUCAS, A.M., (1980). «Science and Environmental Education:Pious Hopes, Self Praise and Disciplinary Chauvinism». *Studies in Science Education*, nº7, 1-26.

----------, (1992). «Educación Ambiental para unha Era Nuclear». *Adaxe*, nº8, 123-136.

LUZ SORIANO, S.J. (1890). *História do Cerco do Porto*, 2 vols., Porto.

MACHADO, Á., (1938). «Climatologia do Porto», in *Nova Monografia do Porto*, Carlos Bastos (org.), Companhia Portuguesa Editora, Porto, 17-24.

MAIA, C., (1994). «Clima do Porto», in *Guia de Portugal. Entre Douro e Minho. Douro Litoral.* Sant'Anna Dionísio (coord.), 3ªed., volume IV, Tomo I, Fundação Calouste Gulbenkian, Gráfica de Coimbra, 99-101.

MAIA, S.O., (2000). *Onde o Rio do Douro Acaba e a Foz do Douro Começa*, 2ª ed.aum. (1ª ed., 1988), O Progresso da Foz, Porto.

MANNER, B.M., (1995). «Field Studies Benefit Students and Teachers». *Journal of Geological Education*, nº43, 128-130.

MARÇAL, H., (1965). *A Barra do Douro e o Porto de Leixões*. Separata do Boletim da Biblioteca Pública Municipal de Matosinhos, nº12, Papelaria e Tipografia Leixões, Matosinhos.

----------, (1974). *Os Naufrágios mais Calamitosos Ocorridos no Litoral do Concelho de Matosinhos e Suas Proximidades*, in Separata do Boletim da Biblioteca Pública Municipal de Matosinhos, nº21.

MARNAY, C., (1879). *O novo porto do Douro ou a solução da questão do melhoramento da Barra do rio*. Duplo projecto, Tipografia Occidental, Porto.

MARQUES, B.S. e PEDROSA, A.S., (1990). «Aspectos Geomorfológicos da Bacia Hidrográfica do Douro», *Observatório*. Actas do 1º Congresso Internacional sobre o Rio Douro – 25 de Abril a 2 de Maio de 1986. Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia, 163-177.

MARQUES, L.; LEITE, A.; PRAIA, J.; FUTURO, A., (1996). «Trabajo Experimental: Contribuciones Para la Comprensión de la Dinámica Fluvial», *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* , vol.3, nº3, 176-183.

MARQUES, M., FLORES, D.; PINTO DE JESUS, A.; GUERNER DIAS, A., (1994). «Geologia dos Arredores do Porto», in *Livro Guia da Excursão Geológica. XIV Curso de Actualização de Professores de Geociências*, Braga.

MARQUES, M.; NORONHA, F; FLORES, D.; RODRIGUES, B., (2000). «Geologia da faixa Costeira. Lavadores-Porto», in *Livro Guia da Excursão Geológica. XX Curso de Actualização de Professores de Geociências*. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências, Universidade do Porto.

MARTINS, F., (1946). «A configuração do litoral português no último quartel do século XIV», in *Biblos*, vol. XXII, Tomo I, Coimbra Editora, Coimbra, 163-197.

MASSOUD, Z., (1992). *Terra Viva*. Instituto Piaget, colecção Perspectivas Ecológicas, Lisboa.

MATOS, M.M. e DIAS, J.A., (1990). «Cartografia Sedimentar da Plataforma Continental Entre a Foz do Rio Minho e Espinho», in *1º Simpósio Sobre a Protecção e Revalorização da Faixa Costeira do Minho ao Liz*, Porto, 155-156.

MAYER, V.J., (1995). «Using the Earth System for Integrating the Science Curriculum». *Science Education*, vol.79, nº 4, 375-391.

----------, (1997). «Global Science Literacy: An Earth System View (Guest Editorial)». *Journal of Research in Science Teaching*, vol.35, nº 2, 101-105.

MEIRELES, M.A., (1982). *Catálogo do Livro de Plantas – Instrumento de Pesquisa para a História do Porto*. Arquivo Histórico. Câmara Municipal do Porto.

«Memórias Paroquiais na Divisão Administrativa do Porto em 1758 – S. João da Foz» (1965), *O Tripeiro*, VIª Série, nº5, Porto, , p.195.

MENDES CORREIA, A., (1934). «Cale in Callaecia», in *Anuario del Cuerpo Facultativo de Archiveros, Bibliotecarios y Arqueólogos*, vol. I, Tipografia de Archivos, Ológaza, Madrid.

MINISTÉRIO DO AMBIENTE, Instituto da Água e Instituto de Meteorologia, (1996). *Relatório Sobre as Cheias - Bacia do Douro. Dezembro/95 a Janeiro/96*, Lisboa.

MORAIS, C.; ABECASSIS, F., (1978). «Storm Surge Effects at Leixões», *Memória nº 503, LNEC.*

MORNER, N., (1993). «Global Sea Level in the Past Ans the Future Century». *Bulletin of INQUA Neotectonics Commission*, nº16, Estocolmo, 64-65.

----------, (1995). «Rapid Changes in Coastal Sea Level». *Bulletin of INQUA Neotectonic Commission*, nº18, 35-37.

----------, (1996). «Sea Level Variability», Zone Geomorphology N-E, Supplement Bd, nº102, Berlin-Stuggart, 223-232.

MOTA OLIVEIRA, I., (1983). «Portugal. The Coastline General Conditions», in *Artificial Structures and Shorelines.* Kluwer Academic Publishers (ed. H.J. Walker). The Netherlands, 177-185.

----------, (1990). «Erosão Costeira no Litoral Norte. Considerações Sobre a Sua Génese e Controlo», in *1º Simpósio sobre a Protecção e Revalorização da Faixa Costeira do Minho ao Liz*, Porto, 201-221.

----------, (1993). «Portugal, the Coastline General Conditions», in *Artificial Structures and Shorelines*, Kluwer Academic Publisher's (ed. Walkers), The Netherlands, 177-185.

----------, (1997). Proteger ou Não Proteger, ou Sobre a Viabilidade de Diferentes Opções Face à Erosão da Costa Oeste Portuguesa». In *Colectânea de Ideias Sobre a Zona Costeira de Portugal. Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, FEUP. Associação EUROCOAST – Portugal*, 205-227.

MOTA OLIVEIRA, I., VALLE, A.F.; MIRANDA, F.C., (1982). «Litoral Problems in the Portuguese West Coast», in *Coastal Engenieering 1982. Proceedings.* vol III, 1951-1969.

MOTA OLIVEIRA, I.; VELOSO GOMES, F.; BROGUEIRA DIAS, E.; COUTINHO, M.A., (1999). «Dragagens à Entrada do Porto de Leixões. Aproveitamento das Areias na Alimentação das Praias a Sul», in *Comunicações das Primeiras Jornadas de Engenharia Costeira e Portuária* , Associação Internacional de Navegação, Delegação Portuguesa, Porto, 269-290.

NIEDA, J., (1987). «Con los Alumnos al Campo». *Apuntes de Educación* nº25, 2-3.

NORONHA, F., (1988). «Mineralizações». *Geonovas*, vol.10, Lisboa, 37-54.

----------, (1994).«Geologia e Tectónica», in *Carta Geotécnica do Porto*, vol.I. Memória da Câmara Municipal do Porto, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 36-49.

NORONHA, F, e LETERRIER, J., (1995). «Complexo Metamórfico da Foz do Douro. Geoquímica e Geocronologia. Resultados Preliminares», in Frederico Sodré Borges e Manuela Marques (coords.). *IV Congresso Nacional de Geologia. Memórias do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico*, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 769-774.

----------, (2000). «Complexo Metamórfico da Foz do Douro. Geoquímica e Geocronologia». *Revista Real Academia Galega de Ciências.* Vol. XIX, 21-42.

NOVAK, J., (1988). «Constructivismo Humano: Un Consenso Emergente». *Enseñanza de las Ciencias*, vol.6, nº3, 213-223.

OLIVEIRA, A.; RODRIGUES, J.M.; JOUANNEAU, O.; WEBER, M.; DIAS, J.A.; VITORINO, J., (1998). «Sedimentos em Suspensão, sua Dinâmica em Situação de Inverno e Relação com a Cobertura Sedimentar», in *Actas do V Congresso Nacional de Geologia - Comunicações*, Tomo 84, fascículo 1, Lisboa, C3-C6.

OLIVEIRA, H.V., (1989). *Achegas para a História do Porto de Carreiros*, O Progresso da Foz, Porto.

OLIVEIRA, J.M.P., (1973). *O Espaço Urbano do Porto - Condições Naturais e Desenvolvimento*. Instituto de Alta Cultura, Centro de Estudos Geográficos, Coimbra.

----------, (1992). «Evolução da Cartografia Urbana Oitocentista do Porto, Enquadrada na Cartografia Urbana de Portugal e da Europa», in *Uma Cartografia Exemplar - O Porto em 1892*. Exposição Comemorativa do 1º Centenário da Carta Topográfica de Augusto Gerardo Telles Ferreira, Arquivo Histórico da Câmara Municipal do Porto, 17-25.

OLIVEIRA, J.T.; PEREIRA, E.; RAMALHO, M.; ANTUNES, M.T.; MONTEIRO, J.H. (coords.), (1992). *Carta Geológica de Portugal*, escala 1:500000, 5ª ed., Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 2 folhas.

ORION, N., (1989). «Development of a High School Geology Course Based on Field Trips». *Journal of Geological Education*, nº37, 13-17.

----------, (1993). «A Model for the Development and Implementation of Field Trips as an Integral Part of the Science Curriculum». *School Science and Mathematics*, vol.93, nº6, 325-331.

ORION, N.; HOFSTEIN, A., (1994). «Factor That Influence Learning During a Scientific Field Trips in a Natural Environment». *Journal of Research in Science Teaching*, vol.31, nº 10, 1097-1119.

ORTIGÃO, R., (1876). *As praias de Portugal – Guia do banhista e do viajante*. Com desenhos de Emílio Pimentel,, Livraria Universal, Porto.

PASCHOALE, C., (1988). «Alice no País da Geologia e o Que Ela Encontrou Lá». *Revista de Semiótica e Comunicação*, vol.1, nº1, 87-99.

PAIXÃO, G., (2000). «Gestão Ambiental Integrada de Dragagens nas Zonas Costeiras e em Áreas Portuárias», in *Perspectivas de Gestão Integrada de Ambientes Costeiros*, Seminário Eurocoast, Universidade de Coimbra.

PECK, R.A., (1975). «A Study Comparing Outdoor, Indoor and Outdoor-Indoor Settings for Teaching Specific Environmental Education Objectives». Tese de Doutoramento, Universidade de North Carolina, U.S.A..

PEDRAJAS, C. e GARCÍA-MONTOYA, F., (1996). «Itinerario Geológico por la Sierra de la Cabrera (Parque Natural de la SubBética de Córdoba) para Alumnos de Enseñanza Secundaria y Bachillerato». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, nº Extra, 114-119.

PEDRINACI, E.; SEQUEIROS, L.; GARCÍA DE LA TORRE, E., (1994). «El trabajo de Campo y el Aprendizaje de la Geología», *Alambique*, nº2, 37-45.

PEDROSA, A.; PEDROSA, F.T.; TAVARES, J., (1985). «Caracterização Geográfica do Concelho de Vila Nova de Gaia», in *História de Gaia*, fascs. 1,2 e 3. Vila Nova de Gaia.

PEIXEIRO, L. e SILVA, A., (1999). « Melhoria da Acessibilidade e das Condições de Segurança na Barra do Douro», in *1as Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária*, Associação Internacional de Navegação, Porto, 119-134.

PEREIRA, G.M. e BARROS, A.M., (2001). *Memória do Rio - Para Uma História da Navegação do Douro*. Afrontamento, Porto.

PEREIRA, L.G., (1987). «Tipologia e Evolução da Sutura entre a Zona Centro-Ibérica e a Zona Ossa-Morena no Sector entre Alvaiázere e Figueiró-dos-Vinhos (Portugal Central)»,Tese de Doutoramento, Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra.

PIMENTEL, M., (1712). *Arte de Navegar*. Câmara Municipal do Porto.

PINHO DA SILVA, (1984). «A Panela Tem Corninhos», *O Tripeiro*, Série Nova, vol.III, nº2, 45-46.

PINTO, M.S., CASQUET, C., IBARROLA, E., CORRETGÉ, L.G. E FERREIRA, M.P., (1987). «Síntese Geocronológica dos Granitóides do Maciço Hespérico», in F. Bea, A. Camicero, J.C. Gonzalo, M. López Plaza e M.D. Rodriguez Alonso (eds.). *Geologia de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hesperico (Libro de Homenage a L.C. Garcia de Figuerola)*. Editorial Rueda, Madrid, 69-86.

PRAIA, J., (1995). *Formação de Professores no Ensino da Geologia: Contributos para uma Didáctica Fundamentada na Epistemologia das Ciências. O caso da Deriva Continental.* Tese de Doutoramento (não publicada). Aveiro, Universidade de Aveiro.

PRAIA, J.; e MARQUES, L., (1995). «Investigação Educacional em Geociências: Linhas de Desenvolvimento», in *Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico*, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Memória nº4, 7-9.

----------, (1997). «Para uma Metodologia do Trabalho de Campo: Contributos da Didáctica da Geologia». *GEOlogos*, nº1, 27-33.

PRESS, F. e SIEVER, R., (2000). *Understanding Earth*. W.H. Freeman and Company, (3th edition), New York, U.S.A..

PURVES, W.; ORIANS, G.; HELLER, H., (1995). *Life, The Science of Biology.* Sinauer Associates, Inc. e W.H. Freeman and Company, (4th edition), Utah, U.S.A.

RAMOS, F.S., (1997). «Uma Estratégia de Intervenção na Linha de Costa». In *Colectânea de Ideias Sobre a Zona Costeira de Portugal. Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, FEUP. Associação EUROCOAST – Portugal*, 151-161.

REBELO DA COSTA, A., (1789). *Descrição Topográfica e Histórica da Cidade do Porto*. Oficina de António Alvarez Ribeiro, Porto.

REBELO, D. e MARQUES, L., (2000). *O Trabalho de Campo em Geociências na Formação de Professores: Situação Exemplificativa para o Cabo Mondego.* Formação de Professores, Cadernos Didácticos, Série Ciências, nº4. Unidade de Investigação Didáctica e Tecnologia na Formação de Formadores, Universidade de Aveiro.

RIBEIRO, A., (1994). «Deformable Plate Tectonics Of The Azores-Gibraltar Boundary – Where The Next 1755 Earthquake Will Strike Again?». In *Gaia*, Universidade de Lisboa, nº9, 109-113.

RIBEIRO, A.; ANTUNES, M.T.; FERREIRA, M.P.; ROCHA, R.B.; SOARES, A.F.; ZBYSZEWSKI, G.; ALMEIDA, F.M.; CARVALHO, D.; MONTEIRO, J.H., (1979). *Introduction á La Géologie Générale du Portugal*. Serviços Geológicos de Portugal.

RIBEIRO, A. e PEREIRA, E. (1992). «Tectónica», in E. PEREIRA (Coord.), Carta Geológica de Portugal na escala 1/200000. Notícia explicativa da Folha 1. Serviços Geológicos de Portugal. 51-57.

RIBEIRO, A.; PEREIRA, E.; CHAMINÉ, H.; RODRIGUES, J., (1995). «Tectónica do Mega-Domínio de Cisalhamento entre a Zona de Ossa-Morena e a Zona Centro-Ibérica na Região de Porto-Lousã», in Frederico Sodré Borges e Manuela Marques (coords.). *Memórias do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico*, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, nº4, 299-303.

RIBEIRO, A.; PEREIRA, E.; GONÇALVES, S., (1980). «Análise da Deformação da Zona de Cisalhamento Porto-Tomar na Transversal de Oliveira de Azeméis», in *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, nº66, 3-9.

ROCHA, J.S., (1993) «As Cheias em Portugal», in *Simpósio Catástrofes Naturais*. Ordem dos Engenheiros, Lisboa.

----------, (1996). «Protecção de Bens Culturais em Caso de Cheias e Inundações», in *Simpósio Protecção dos Bens Culturais em Situação de Emergência*.

ROCHA, J.S.; MARQUES, Z.; RAMOS, I.; ALMEIDA, R., (1994). «Simulation of Risk-Flood Areas on GIS», in *Advances in Water Resources Techniques and Management*, Tsakiris & Santos (ed.), Lisboa, 375-382.

RODRIGUES, A. e DIAS, J.A. (1990). «A Faixa Costeira a Norte do Cabo Mondego: Evolução nos Últimos 18000 anos». *Geonovas*, número especial 1.Lisboa.

RODRIGUES, A.; MAGALHÃES, F.; DIAS, J.A.; MATOS, M., (1990). «A Faixa Costeira a Norte do Porto: Evolução Pós-Glaciária», in *1º Simpósio sobre a Protecção e Revalorização da Faixa Costeira do Minho ao Liz*, Porto, 140-154.

RODRIGUES, S., (1972). *Algumas informações sobre o rio Douro, seu curso em Portugal e sua navegação. Comentários ao filme "Última Descida do Rio Douro em Barco Rabelo"*. Centro de Estudos de Marinha, Lisboa.

SANTOS, M.E., (1999). *Desafios Pedagógicos para o Século XXI. Suas Raízes em Forças de Mudança de Natureza Científica, Tecnológica e Social.* Livros Horizonte, Colecção Biblioteca do Educador, Lisboa.

SANTOS, M.E. e PRAIA, J.F., (1992). «Percurso de Mudança na Didáctica das Ciências. Sua Fundamentação Epistemológica», in *Ensino das Ciências e Formação de Professores*, F. Cachapuz (coord.). Projecto MUTARE, nº1. Aveiro, Universidade de Aveiro, 7-34.

SEEBER, G., (1993). *Satellite Geodesy*. Walter de Gruyter, Berlin, New York.

SÉREN, M.C. e PEREIRA, G.M. «O Porto Oitocentista», in *História do Porto*, 3ª ed., Luís de Oliveira Ramos (dir.), Porto Editora, 377-521.

SILVA, A.C., (2000). «Origens do Porto», in *História do Porto*, 3ª ed., Luís de Oliveira Ramos (dir.), Porto Editora, 45-117.

SILVA, D.P., (1990). «As Cheias do Douro», *Observatório*. Actas do 1º Congresso Internacional sobre o Rio Douro – 25 de Abril a 2 de Maio de 1986. Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia, 355-361.

SILVA, F.R., (2000). «Tempos Modernos», in *História do Porto*, 3ª ed., Luís de Oliveira Ramos (dir.), Porto Editora, 255-375.

SILVA, M.G., (1995). «Mineralogia, Petrologia e Geoquímica de Encraves de Rochas Graníticas de Algumas Regiões Portuguesas». Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra.

SKINNER, B., PORTER, S., (1987). *Physical Geology*. John Wiley & Sons, U.S.A..

STANNERS, D. e BOURDEAU, P. (eds.), (1995). *EEA-Europe's Environment - Tho Dobris Assessment*.

SUGUIO, K., (1973). *Introdução à Sedimentologia*. Editora Edgard Blücher, São Paulo.

----------, (1982). *Rochas Sedimentares. Propriedades, Génese e Importância Económica.* Editora Edgard Blücher, Ltda, São Paulo.

SUNAMURA, T., (1992). *Geomorphology of Rocky Coasts*. John Wiley & Sons, Baffins Lane.

TABORDA, R. e DIAS, J.A., (1988). *O Nível do Mar em Portugal. Tendências Sazonais e Seculares*. Relatório 6/88 do Projecto DISEPLA.

----------, (1992). «Análise da Sobreelevação do Nível do Mar de Origem Meteorológica Durante os Temporais de Fevereiro/Março de 1978 e Dezembro de 1981» *Geonovas*, nº1, Especial Geologia e Ambiente, 89-98.

TATO, J.F., (1966). «As Cheias do Rio Douro», in *O Rio e o Mar na Vida da Cidade - Documentos e Memórias para a História do Porto*, nº XXXVII, Publicações da Câmara Municipal do Porto, Gabinete de História da Cidade. Edições Maranus. Porto, 156-177.

----------, (1972). *O Rio Douro e o seu Porto*. Separata do Boletim Cultural da Câmara Municipal do Porto, vol. XXXIII, fascs.3-4, Porto.

TAVARES, R., (1992). *A Carta Topográfica do Porto (1892)*. Edição Comemorativa do 1º Centenário da Carta Topographica da Cidade do Porto. Arquivo Histórico. Câmara Municipal do Porto.

TEIXEIRA, C., (1970). «Aspectos Geológicos da Orla Litoral do Porto e de V.N. de Gaia», in Separata de *Naturália*, vol. X, Fascículo 1, 13-29.

TEIXEIRA, S.L., (1994). «Dinâmica Morfossedimentar da Ria de Aveiro (Portugal)». Tese de Doutoramento em Geologia do Ambiente.

THOMPSON, D.B., (1982). «On Discerning the Purposes of Geological Fieldwork». *Geology Teaching*, vol.7, nº2, 59-64.

TITAN, (1998), nº5, Setembro/Outubro. Administração dos Portos do Douro e Leixões.

VAQUERO, J.S., (1990). «Estudio Comparado Sobre el Rendimiento de Dos Métodos Instructivos en las Ciencias Naturales de 1º de BUP. Resultados de una Experiencia». *Actas de las VII Jornadas de Estudio Sobre la Investigaciín en la Escuela*, Sevilla, *292-300.*

VAQUERO, J.S.; GALLARDO, F.V.; ÁLVAREZ, G.L., (1994). «Evaluación del Rendimiento de un Trabajo de Campo». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* , vol.2, nº2 e nº3, 375-381.

VAQUERO, J.S.; SANZ, L.A.; ÁLVAREZ, F.M., (1988). «Aula de la Naturaleza». *Sepúlveda* 86. Centro de Profesores de Segovia, Segovia.

VASCONCELOS E SÁ, M., (1994).«O Rio Douro», in *Guia de Portugal. Entre Douro e Minho. Douro Litoral.* Sant'Anna Dionísio (coord.), 3ªed., volume IV, Tomo I, Fundação Calouste Gulbenkian, Gráfica de Coimbra, 7-10.

VELOSO-GOMES F., (1987). «Impacte Das Actividades e Intervenções Humanas na Orla Costeira a Norte de Aveiro». *III Simpósio Luso-Brasileiro sobre Hidráulica e Recursos Hídricos*, Baia, Brasil.

----------, (1991). «Algumas Reflexões Sobre a Problemática Das Obras de Protecção Costeira», in *Actas do 2º Simpósio sobre Protecção e Revalorização da Faixa Costeira do Minho ao Liz*, Universidade do Porto. Porto. 128-143.

----------, (1993). «The Challenges To Overcome The Problems of NW Coastal Zone of Portugal», *Proceedings of the First International Conference on the Mediterranean Coastal Environment*, MEDCOAST 93, Antalya, Turkey, 2: 823-835.

----------, (1996). «A Protecção Costeira», *5ª Conferência sobre a Qualidade do Ambiente*, vol.1, 385-393.

----------, (1997). «Alterações na Zona Costeira e Impactes nas Lagunas Costeiras». In *Colectânea de Ideias Sobre a Zona Costeira de Portugal. Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, FEUP. Associação EUROCOAST – Portugal*, 73-79.

VICENTE, C.; (1990). «Evolução Costeira Devida a Obras Portuárias: Casos da Praia da Figueira da Foz e da Embocadura da Ria de Aveiro», in *1º Simpósio sobre a Protecção e Revalorização da Faixa Costeira do Minho ao Liz*, Porto, 164-177.

VICENTE, C. E PEREIRA, M., (1997). «Considerações Sobre Uma Estratégia de Defesa Contra a Erosão Costeira em Portugal». In *Colectânea de Ideias Sobre a Zona Costeira de Portugal. Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, FEUP. Associação EUROCOAST – Portugal*, 125-129.

VILASECA, A. e BACH, J., (1993). «Podemos Evaluar el Trabajo de Campo?». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* , vol.1, nº3, 158-167.

VISCONDE DE VILA NOVA DE GAIA, (1962). «Panorâmicas do Porto e da Foz na Armaria de Vila Viçosa», in *O Tripeiro*, nº10, VI Série, Ano II, Porto, 289-290.

VITORINO, P., (1938). «Topografia Histórica», in *Nova Monografia do Porto*, Carlos Bastos (org.), Companhia Portuguesa Editora, Porto, 77-98.

WILKINSON, I. e TITMAN, C.W., (1996). «The Use of Laboratory Modelling Equipment as an Aid in Teaching Exploration Geophysics to Students», in D.A.V. Stow e G.J.H. McCall (eds.), *Geoscience Education and Trayning*. Rotterdam: Balkema, 543-547.

ZIMAN, J., (1994). «The Rational of STS Education is in the Approach», in *STS International Perspectives on Reform*. Joan Solomon and Glen Aikenhead (edts.), Teachers College Press, New York, 21-31.

SITES CONSULTADOS

http://geography.about.com

http://www.ind.pt/ViaNavegavel/Historia.asp

http://porto2001.iscap.ipp.pt/prt2001_monumentos/index.html

http://www.angelfire.com/ak/rmadjarof/page3.html

http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html

http://www.cs.rit.edu/~pga/Fibo/fact_sheet.html

http://www.1upinfo .com/encyclopedia/A/AlbertiL.html.

http://www.sapalnoverão.web.pt

http://hidrografico.pt