



Universidade do Minho  
Escola de Ciências

Luis Carlos da Costa Carvalho

Inventariação do património geomorfológico do  
litoral de Portugal continental: Meios de Transição

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Património Geológico e Geoconservação

Trabalho realizado sob a orientação do

Professor Doutor Diamantino Manuel Ínsua Pereira

e do

Professor Doutor Paulo Jorge Silva Pereira

outubro, 2014

## DECLARAÇÃO

**Nome:** Luís Carlos da Costa Carvalho

**Endereço Eletrónico:** luis15carvalho@gmail.com

**Telefone:** 913572227

**Número do Cartão de Cidadão:** 13841606

**Título da Dissertação:** Inventariação do património geomorfológico do litoral de Portugal Continental: Meios de Transição

**Orientador:** Doutor Diamantino Manuel ínsua Pereira

**Coorientador:** Doutor Paulo Jorge Silva Pereira

**Designação do Mestrado:** Mestrado em Património Geológico e Geoconservação

**É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO DESTA TESE/TRABALHO, APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.**

Universidade do Minho, \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / 2014

Assinatura:

---

---

## Agradecimentos

Aproveito este espaço para, de forma breve, agradecer ao meu orientador Professor Doutor Diamantino Manuel Ínsua Pereira e coorientador Professor Doutor Paulo Jorge Silva Pereira, pelo apoio e disponibilidade prestados durante a realização deste trabalho.

Agradeço ainda às minhas colegas de mestrado, Sara Vieira e Liliana Sousa, pelo companheirismo e constante partilha de informação, sem os quais a conclusão deste trabalho não seria possível.

Por fim agradeço à Daniela pela paciência, apoio e motivação demonstrados ao longo do último ano.



# Inventariação do património geomorfológico do litoral de Portugal continental: Meios de Transição

## Resumo

Neste trabalho foi realizado um inventário dos locais representativos dos meios de transição presentes no litoral de Portugal continental. Os objetivos principais consistem na caracterização geomorfológica de meios transição costeiros em Portugal, tais como estuários, lagoas e deltas e na inventariação de geossítios geomorfológicos como meios de transição, contribuindo para a sua integração no Inventário Nacional de Geossítios.

Inicialmente procedeu-se a uma pesquisa bibliográfica de forma a caracterizar geomorfologicamente a costa portuguesa, relativamente aos meios de transição. Com o auxílio dessa bibliografia e recorrendo a teledeteção remota, procedeu-se ao levantamento de todos os meios de transição existentes no território. A estes locais foram aplicados critérios de exclusão, o que resultou numa lista mais reduzida, contendo apenas potenciais geossítios.

Posteriormente foi desenvolvida uma metodologia na qual se aplicaram os seguintes critérios de valor científico: representatividade de processos geológicos, conhecimento científico do tema geológico, integridade, diversidade e raridade/excepcionalidade. Esta metodologia permitiu selecionar e avaliar quantitativamente os geossítios geomorfológicos, ordenando-os de acordo com o seu valor científico.

Concluída a inventariação dos potenciais geossítios, foi definido um valor de corte de forma a escolher os geossítios efetivos. Assim chegou-se a uma lista final de cinco geossítios que foram caracterizados do ponto de vista geomorfológico.

Para além do resultado prático, que consiste na seleção dos geossítios de âmbito nacional, este trabalho pode ainda ser utilizado como base metodológica para a inventariação de geossítios em outras áreas temáticas, uma vez que a metodologia aqui apresentada é transversal e pode ser adaptada a outros temas geológicos.



# Inventorying of the geomorphological heritage of mainland Portugal's coast: Transition Zones

## Abstract

In this paper was made an inventory of the geosites representing the transition zones present on the coast of mainland Portugal. The main objectives consisted in doing a geomorphological characterization of the transition zones of the Portuguese coast, such as estuaries, coastal lagoons and deltas, inventorying the transition zones as geomorphological geosites and integrating the results in the National Inventory of Geosites.

Initially was carried out a bibliographical research in order to geomorphologically characterize the Portuguese coast relative to transition zones. With the help of this bibliography and using remote sensing, it was possible to survey all existing transition zones in the territory. Exclusion criteria were applied to these sites, which resulted in a reduced list containing only potential geosites.

Thereafter was developed a methodology in which were applied the following criteria of scientific value: representation of geological processes, scientific knowledge of the geological theme, integrity, diversity and rarity/exceptionality. This methodology allowed to select and quantitatively evaluate the geomorphological geosites, sorting them according to their scientific value.

Concluded the inventory, a cutoff value was defined in order to choose which geosites would be part of the National Inventory of Geosites. This led to a final list of five geosites. These were then geomorphologically characterized.

Beyond the practical result, which consists in selecting geosites that will be integrated in the national inventory, this work can also be used as a basis for inventorying geosites within other subject areas, since the methodology presented here is cross-sectional and can be adapted to other geological topics.





# Índice Geral

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
1 – Introdução.....	1
1.1. Âmbito do trabalho e objetivos.....	1
1.2. Metodologia de trabalho.....	1
2 – Litoral e meios de transição.....	3
2.1. Litoral - Génese e evolução.....	3
2.2. Tipos de meios de transição.....	8
3 - Potenciais geossítios.....	15
3.1. Caracterização do litoral de Portugal Continental.....	15
3.2. Meios de transição em Portugal Continental.....	17
3.3. Potenciais geossítios.....	19
4 – Geossítios.....	23
4.1. Seleção de geossítios.....	23
4.2. Avaliação dos potenciais geossítios.....	25

4.3. Geossítios resultantes da avaliação.....	37
4.4. Caracterização dos geossítios inventariados.....	39
Estuário do rio Sado.....	39
Estuário do Rio Tejo.....	42
Estuário do Rio Douro.....	45
Ria Formosa.....	47
Ria de Aveiro.....	49
5 - Discussão e conclusão.....	53
Bibliografia.....	57

## Índice de figuras

Figura 1	Evolução da linha de costa de Portugal continental desde há 18 000 anos até a actualidade.....	7
Figura 2	Estrutura genérica de um estuário.....	9
Figura 3	Representação geral do litoral de Portugal continental .....	16
Figura 4	Resultado da avaliação dos estuários. ....	32
Figura 5	Resultado da avaliação das lagoas costeiras.....	37
Figura 6	Localização dos geossítios seleccionados.....	38
Figura 7	Estuário do Rio Sado.....	40
Figura 8	Península de Troia.....	41
Figura 9	Estuário do Rio Tejo.....	43
Figura 10	Zona superior do estuário do Rio Tejo.....	43
Figura 11	Zona inferior do estuário do Rio Tejo.....	44
Figura 12	Estuário do Rio Douro.....	46
Figura 13	Barra do Cabedelo.....	46
Figura 14	Ria Formosa.....	47
Figura 15	Ilhas Barreira da Ria Formosa.....	48
Figura 16	Ria de Aveiro.....	49
Figura 17	Canal de abertura da lagoa da Ria de Aveiro.....	50



## Índice de tabelas

Tabela I	Classificação de deltas segundo Galloway.....	11
Tabela II	Lista de Estuários identificados no litoral de Portugal continental.....	17
Tabela III	Lista de Lagoas Costeiras identificadas no litoral de Portugal continental.....	18
Tabela IV	Lista de Estuários com informação relativa aos critérios de exclusão.....	20
Tabela V	Lista de Lagoas Costeiras com informação relativa aos critérios de exclusão.....	21
Tabela VI	Critérios utilizados para a avaliação de potenciais geossítios de acordo com o valor científico.....	23
Tabela VII	Caracterização dos potenciais geossítios – Estuários - e avaliação segundo os critérios de valor científico.....	25
Tabela VIII	Caracterização dos potenciais geossítios – Lagoas Costeiras - e avaliação segundo os critérios de valor científico.....	33



# 1 – Introdução

## 1.1. Âmbito do trabalho e objectivos

Pretende-se, com este trabalho, inventariar os meios de transição de carácter geomorfológico do litoral de Portugal continental, tendo como critério o seu valor científico. Este inventário surge no âmbito de um projeto mais alargado que visa a inventariação de todo o património geológico de valor científico em Portugal. Dessa forma, os geossítios apurados neste trabalho poderão ser integrados no Inventário Nacional de Geossítios.

A realização deste trabalho passa pela caracterização dos meios de transição do litoral, como estuários, deltas e lagoas costeiras. Os locais que se encaixem nesta categoria serão submetidos a uma metodologia de avaliação, com critérios de valor científico, para que possam ser selecionados os de maior valor, no sentido de figurarem no Inventário Nacional de Geossítios, na categoria temática “Costas baixas”.

## 1.2. Metodologia de trabalho

A realização deste trabalho iniciou-se com uma pesquisa bibliográfica, com destaque para artigos científicos e livros dedicados a geomorfologia costeira, de modo a estabelecer conceitos base na área, definindo-se o que são meios de transição, de forma a direcionar a pesquisa para os locais a ser inventariados. Foram caracterizados três meios de transição principais: estuários, deltas e lagoas costeiras. Com apoio em alguns artigos nacionais, foi também incluído um resumo da génese e modificações ocorridas no litoral Portugal ao longo dos últimos milhares de anos.

Definido o objeto de estudo, procedeu-se a uma pesquisa de possíveis locais a ser inventariados. Através de bibliografia ou teledeteção remota (Google Earth), foi elaborada uma lista não discriminada de meios de transição presentes no litoral de Portugal continental. O processo de pesquisa bibliográfica consistiu em reunir todos os estuários, deltas e lagoas costeiras referidos em artigos científicos, livros da especialidade, relatórios municipais, POOCs (planos de ordenamento da orla costeira), etc. A teledeteção remota deu-se de forma mais trabalhosa, uma vez que foi necessário varrer o litoral de norte a sul utilizando o programa Google Earth, tentando localizar geoformas que representassem meios de transição.

Cada local foi, posteriormente, sujeito a uma breve caracterização geomorfológica de forma a serem aplicados os primeiros critérios de seleção (critérios de exclusão). Nesta fase foram eliminados locais nos quais as características geomorfológicas eram pouco significativas ou se encontravam obliteradas por ação antrópica.

Os locais que ultrapassaram a primeira fase de seleção foram considerados como potenciais geossítios, passando por um maior escrutínio no que diz respeito à sua caracterização geomorfológica.

De forma a selecionar os locais mais relevantes do ponto de vista científico, foi necessário criar uma metodologia que, através de critérios fundamentados, distinguisse os locais de acordo com o seu valor científico.

Por fim, foi possível elaborar um inventário final dos locais mais representativos, sob o ponto de vista científico, dos meios de transição do litoral de Portugal continental, ordenados de acordo com a sua importância.



## 2 - Litoral e meios de transição

### 2.1. Litoral - Génese e evolução

As zonas costeiras são locais com uma dinâmica altamente complexa, resultante de interações entre a hidrosfera, geosfera, atmosfera e biosfera, tornando-as sistemas altamente sensíveis e vulneráveis. Por serem sistemas abertos, são extremamente suscetíveis a fatores exteriores, dado que uma pequena alteração num dos parâmetros pode provocar grandes modificações em todo o sistema. É bastante complexo analisar, em conjunto, componentes relacionadas com a hidrosfera, atmosfera, geosfera e biosfera, sendo que, normalmente, cada fator de uma esfera é influenciado pela generalidade dos fatores das outras esferas. A maior parte das forças que atuam no litoral apresentam elevada variabilidade a diferentes escalas temporais e espaciais, sendo difícil atingir um constante equilíbrio dinâmico. Um dos principais fatores na dinâmica costeira, o nível do mar, varia constantemente – devido às marés, influências meteorológicas, variabilidade da agitação marinha, atuação de ondas infra gravíticas, elevação secular do nível médio da água do mar, etc. – tal como varia o abastecimento sedimentar, condicionado, por exemplo, pelas diferentes litologias aflorantes, pelos caudais fluviais, pela atuação da maré, pela heterogeneidade da agitação marinha e pela variabilidade da intensidade e direção do vento (Dias, 2005).

As variações climáticas, verificadas ao longo dos últimos milhares de anos, provocaram constantes modificações no traçado da linha de costa do litoral português. A partir da figura 1, e com base no artigo “A história da evolução do litoral português nos últimos vinte milénios” de J. M. Dias (2004), é possível compreender as etapas que acompanharam a evolução do litoral até a atualidade.

Há 18 000 anos, aquando do último máximo glacial, as calotes glaciares estavam bastante expandidas, cobrindo grande parte do hemisfério norte e o nível do mar encontrava-se aproximadamente 130 m abaixo do nível atual. A linha de costa encontrava-se muito próxima do bordo da plataforma continental, a dezenas de quilómetros da atual (figura 1-A). A frente polar localizava-se à latitude do norte de Portugal e a temperatura das águas próximo da costa atingia valores inferiores a 4°C. A erosão fluvioglaciária, a fusão estival dos gelos e as pluviosidades primaveris conferiam aos rios fortes caudais hídricos que provocavam o transporte de grandes cargas sólidas, sendo a quantidade de materiais grosseiros elevada. As zonas hoje ocupadas pelos

troços terminais dos rios correspondiam a vales bastante profundos, em fase erosiva intensa, cujos talvegues se localizavam varias dezenas de metros abaixo dos atuais. As vastas planícies litorais, atualmente submersas, correspondiam a superfícies com vegetação dominante do tipo herbáceo, varridas por ventos que promoviam intenso transporte eólico.

A paisagem muda com o início da fusão dos gelos das calotes polares e dos glaciares de montanha, acompanhada pela elevação do nível do médio do mar, intensificando-se o processo de desequilíbrio das zonas costeiras. O nível relativo do mar subiu a ritmo moderado até há cerca de 16000 anos, atingindo profundidades na ordem dos 100 metros relativamente à atualidade, verificando-se depois um período de relativa estabilização. Entre 13000 e 11000 anos AP verificou-se uma rápida elevação do nível do mar dando origem a um traçado de costa mais irregular (figura 1-B). Tal se deveu ao facto de os estuários não conseguiram atingir o equilíbrio com o novo nível de base, funcionando, essencialmente, como elementos de captura da deriva litoral, em vez de fornecerem sedimentos para o meio oceânico. Como consequência, os litorais oceânicos eram maioritariamente do tipo rochoso. Verifica-se, neste período, a modificação do coberto vegetal, passando de vegetação herbácea a vegetação arbórea. A temperatura das águas atingia valores semelhantes ou ligeiramente superiores aos atuais.

Há 11000 anos (figura 1-C) verificou-se uma inversão climática muito rápida e de ordem maior - Dryas Recente. Na Península Ibérica verificou-se grande deterioração do clima, passando de interglacial quente a condições glaciais bem marcadas. A frente polar reocupou posições anteriores, instalando-se à latitude da Galiza e o nível do mar desce de 40 m para 60 m abaixo do nível atual (figura 1-D). O coberto vegetal responde a estas modificações climáticas, voltando a dominar a vegetação herbácea. Perante o abaixamento do nível de base, os estuários estabeleceram-se como intensos fornecedores sedimentares para o litoral e para a plataforma continental, exportando grande parte dos materiais que, no período anterior, progressivamente se tinham acumulado. Consequentemente, criaram-se condições que propiciavam rápida retificação do litoral, verificando-se extensas acumulações arenosas que tendiam a preencher as partes reentrantes da costa. As zonas costeiras apresentavam novamente características desérticas e o transporte eólico era intenso, conduzindo à constituição de vastos campos dunares, dos quais hoje se encontram, mesmo no litoral atual, abundantes vestígios, frequentemente no estado consolidado.

Há 10 000 anos, com o início do Holocénico, verifica-se nova modificação climática, dominando, definitivamente, condições interglaciais. Durante dois milénios o nível do mar sobe de

forma acelerada até atingir, entre 5000 e 3000 anos Ap, aproximadamente o nível atual (figura 1-E). Por via desta subida do nível do mar, os sedimentos ficavam retidos nos ambientes estuarinos, pelo que a quantidade de sedimentos debitada para os litorais oceânicos era pequena. Foi principalmente nesta fase que ocorreu a maior parte do preenchimento dos corpos estuarinos. Perante a escassez de abastecimento sedimentar, verificava-se um litoral essencialmente rochoso.

No início do 3º milénio AP verifica-se um ligeiro abaixamento da temperatura, marcando o final do Ótimo Climático (Episódio Hipsitermal) e o início do período Neoglaciário. Este decréscimo de temperatura foi contínuo até 2500Ap, atingindo um mínimo de 2°C inferior à temperatura atual. No mesmo período verificam-se também descidas na frequência do vento e humidade sendo que os valores de pluviosidade sofreram fortes oscilações.

Desta forma, instalou-se uma instabilidade sedimentar, estando o ciclo sedimentológico antropicamente modificado nesta altura, como é indiciado por leitos de carvão em sequências sedimentares então depositadas, coincidentes com o declínio das florestas. Os pequenos estuários entraram em equilíbrio, instituindo-se como exportadores de sedimentos para o litoral, ao passo que a inercia dos estuários maiores foi bastante mais longa, pelo que o carácter rochoso continuava a predominar nos litorais oceânicos.

À medida que nos aproximamos da atualidade, verificam-se casos de rápida evolução de algumas zonas costeiras portuguesas, como o da construção do litoral entre Mira e Espinho (Lagoa de Aveiro), do progressivo assoreamento da Lagoa da Pederneira (que desapareceu como corpo hídrico, correspondendo, atualmente, a terrenos agrícolas), da extrema redução da área ocupada pela grande Lagoa de Alfeizerão (hoje restringida à pequena "Concha de São Martinho do Porto"), e da constituição do tómbolo de Peniche (ainda ilha aquando da Fundação da Nacionalidade).

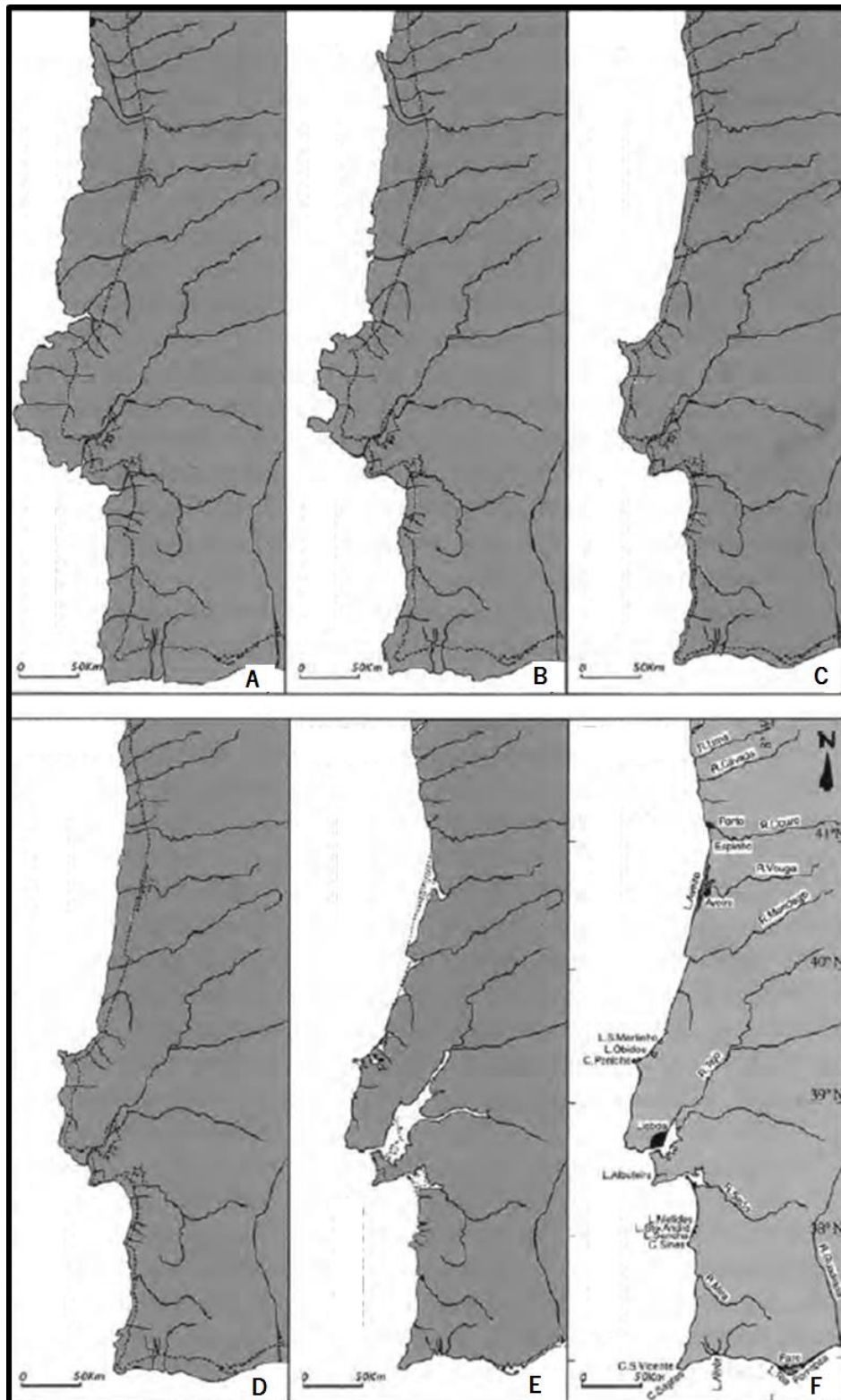
Por resultado de forçamentos naturais e/ou devido às atividades das populações, (desflorestações e desmatações, agricultura, etc.), verificou-se um intenso abastecimento sedimentar do litoral. Os principais estuários entraram num certo equilíbrio, começando a exportar para o litoral grandes quantidades de sedimentos grosseiros. Iniciou-se, assim, progressiva retificação da linha de costa, com continuação da erosão das partes salientes, e com acumulação de sedimentos arenosos nas partes reentrantes (figura 1-F).

É entre os anos 600 e 1000 que o comportamento anaclástico do litoral se intensifica, forçado por abundante pluviosidade e por ventos fortes. As cheias viabilizavam amplas transferências sedimentares para os litorais oceânicos, designadamente dos materiais que anteriormente se tinham depositado nas zonas estuarinas. A frequência e intensidade dos

temporais intensificavam as transferências aludidas e amplificavam a deriva litoral. Constituíram-se, assim, amplas praias arenosas (de que o litoral de Aveiro é, apenas, um exemplo) que, afetadas por ventos fortes, resultaram na constituição de grandes corpos dunares. Posteriormente, durante a Pequena Idade do Gelo, prosseguiu intensamente a fase construtiva do litoral português.

Com o impacte de múltiplas atividades antrópicas (construção de barragens para aproveitamentos hidroelétricos e para a agricultura, dragagens portuárias, exploração de inertes nos leitos fluviais, construção de molhes de portos, obras de "proteção costeira", e o pisoteio das dunas) o abastecimento sedimentar ao litoral reduziu-se progressivamente, de forma drástica, durante o século XX.

A redução do abastecimento sedimentar foi reforçado pela Modificação Climática Global em curso e que, pelo menos parcialmente, foi induzida pelo próprio Homem. Como resultado, o comportamento dos litorais oceânicos inverteu-se, registando-se forte erosão costeira. A generalidade do litoral português encontra-se em erosão, contrastando fortemente com o que se verificava há pouco mais de um século, quando a dominância era de acumulação. Assim, a configuração do litoral modificou-se rapidamente. Em vastas regiões, os litorais arenosos estão progressivamente a converter-se em litorais rochosos artificiais (Dias, 2004).



**Figura 1** – Evolução da linha de costa de Portugal continental de há 18 000 anos até a atualidade: A - 18000Ap (Máximo Glaciário); B - 14000Ap (final da glaciação); C - 11000Ap (início do Dryas recente); D - 10000Ap (início do Holocénico); E - 3000 (nível médio do mar acima do atual); F - atualidade. Adaptado de Dias (2004).

## 2.2. Tipos de meios de transição

### Estuários

São zonas de transição entre rios e oceanos onde a água salgada se mistura com água doce de drenagem continental. Mais concretamente um estuário pode ser definido como um corpo de água costeiro semifechado, com uma ligação livre com o oceano, e no qual a água do mar se mistura com água de drenagem continental. Trata-se do sector terminal dos rios, que recebe sedimentos de fontes fluviais e marinhas e possui fácies influenciadas por processos fluviais, eólicos e de maré (Huggett, 2011).

Os limites de um estuário podem ser definidos pela salinidade – variando entre 0,1‰ na cabeça do estuário e 30/35‰ na foz – ou por fácies sedimentares e processos que lhes dão forma, como por exemplo o limite até onde atua a influência das marés. A água marinha é mais densa que a água procedente dos rios, penetrando nos rios como uma cunha que se desloca pela bacia acima, enquanto as águas fluviais se dispersam pela superfície do mar – Cunha salina.

Do ponto de vista geológico, os estuários atuais são formas recentes. São o produto de fatores herdados, como a litologia, que influenciam a configuração da bacia e a abundância e tipo de sedimentos; fatores de larga escala tais como o clima e o nível do mar, que influenciam as taxas de descarga e inundação e processos atuais – ondas, marés e rios – que influenciam a hidrodinâmica e sedimentação.

A posição dos estuários é o resultado de alterações no nível do mar. Com o nível do mar igual ou acima de valores atuais durante períodos interglaciais e até 150 m abaixo durante períodos glaciais. Os estuários atuais são o resultado da subida do nível do mar com inundação das costas baixas que se seguiu à última idade do gelo aproximadamente há 6000 anos atrás.

A morfologia dos estuários resulta de uma luta continua entre contribuições fluviais e marinhas, relacionando-se com processos hidrodinâmicos como fluxo fluvial, correntes de maré, rebentação, e outros processos como a floculação e processos biológicos como o crescimento de pântanos e mangais. Nos estuários, durante a maré baixa, os canais levam água do rio para o mar, bem como sedimentos, limo e argila. Os canais e os bancos moldam-se por ação das correntes de maré de fluxo e refluxo e alteram rapidamente a sua morfologia, posição e dimensão (Goudie, 2004).

Um estuário pode ser estruturado de acordo com a seguinte figura:



**Figura 2** - Estrutura genérica de um estuário. Zona interna/superior – com predomínio de processos fluviais; Zona externa/inferior – dominada pela ação marinha; Zona central/média – onde se misturam processos marinhos e fluviais. Adaptado de Fairbridge (1980).

As ondas, marés e processos fluviais controlam a localização dos sedimentos marinhos e fluviais no estuário, bem como a morfologia dos depósitos sedimentares. A amplitude das marés é determinante na caracterização dos estuários (Elorza, 2008):

- Os estuários dominados pelas marés encontram-se em ambientes macrotidais (intervalo de maré > 4m). Apresentam forma de funil: com desembocadura ampla e velocidade de corrente alta. Caracterizam-se pela presença de barras de areia alongadas na zona externa que tendem a ser paralelas à direção da corrente. Na zona central encontram-se bancos de areia e canais meandriformes, existindo um único canal no sector interior da bacia. As correntes de maré atingem o seu máximo na parte inferior do estuário. Os sedimentos diminuem de tamanho da embocadura para a cabeça. A direção predominante do transporte de sedimentos é em direção ao mar com acumulação no sector superior do estuário.

- Os estuários dominados pelas ondas encontram-se em ambientes microtidais (variação de maré < 2m. Geralmente tem o sector superior muito próximo da cabeça, onde dominam processos, sedimentos e formas de leito fluviais; o sector inferior próximo da embocadura, onde dominam os processos de maré e sedimentos marinhos; e o sector intermedio onde dominam as correntes de maré e se encontram sedimentos marinhos e fluviais. Ondas e marés de grande energia na foz do estuário possibilitam a deposição dos sedimentos e restringem as trocas de água entre o rio e o mar.

- Os estuários dominados por ondas e marés encontram-se em ambientes mesotidais (variação de maré entre 2 e 4m) e localizam-se geralmente próximos de ilhas barreira. Nestes locais dominam os deltas formados por processos intertidais. No estuário encontram-se canais de maré meandrizados, barras de areia e pântanos.

- Os estuários de domínio fluvial não apresentam alterações de fácies a jusante, características de estuários dominados por ondas ou marés, e os níveis de energia mantem-se constantes ao longo do eixo do vale fluvial. Estes estuários podem variar desde os completamente dominados por processos fluviais até outros que apresentam algum *input* marinho na foz.

Os estuários são ecossistemas únicos que fornecem a vários organismos locais de desova, locais de descanso e alimentação para aves migratórias e servem ainda de filtros naturais que mantem a qualidade da água. Para o Homem constituem zonas de navegação, assentamentos, proteção contra a erosão, recreio, extração de minerais e depósito de resíduos. (Bird, 2011)

Os estuários podem, ainda, ser classificados segundo a sua génese (Goudie, 2004; Bird, 2011):

- Vales fluviais inundados – formaram-se pela inundação de vales fluviais em V, devido à subida do nível do mar após o último período glacial.

- Formados por barreiras – possuem uma génese parecida com os anteriores, no entanto o transporte de sedimentos marinhos resulta na criação de uma barreira transversal à foz, que tem impacto na troca de água e sedimentos entre o rio e o mar.

- Fjords – são vales glaciares em U que foram inundados pela subida do nível do mar após o último período glacial.

- Rias – são reentrâncias costeiras formadas por vales fluviais (não glaciares) submersos



## Deltas


Os deltas correspondem à foz de um curso de água na qual os sedimentos fluviais se acumulam em vez de serem redistribuídos pelas vagas e correntes litorais, quando a taxa de acumulação excede a taxa de erosão e dispersão. Genericamente, caracterizam-se por um avanço da terra em relação ao mar, representando o oposto de um estuário, onde, no caso de um delta, as ações fluviais, de origem continental, dominam sobre as ações marinhas (Elorza, 2008).

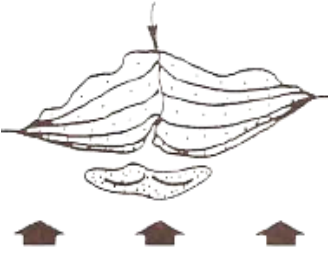

Surgem normalmente na foz de rios que transportam uma grande carga de sedimentos para a costa, que derivam de extensas bacias de drenagem, e estão afetados pelo clima e geologia e topografia do local. A disposição de sedimentos fluviais ocorre na foz e nas suas imediações à medida que a velocidade do fluxo fluvial diminui quando entra no mar, no entanto a maioria dos deltas também incorpora sedimentos de deriva litoral e sedimentos do fundo marinho.

O tamanho e forma de um delta dependem do padrão e taxa de sedimentação, na configuração da linha costeira, na batimetria do corpo de água no qual se forma (mar aberto, golfo, lagoa, lago) e na dinâmica das ondas e correntes sobre os sedimentos acumulados (Bird, 2011).

Os deltas são geralmente classificados segundo a classificação de Galloway (1975) que tem em conta a morfologia do delta em função da carga de sedimentos fluviais, da energia das ondas e amplitude de marés, tal como consta na seguinte tabela:

**Tabela I** – Classificação de deltas segundo Galloway (Elorza, 2008)

<b>Domínio Fluvial</b>	Caracterizam-se por grandes bacias hidrográficas com descarga fluvial em mares protegidos com pouca energia de ondas e pouca amplitude de maré. Depositam-se sedimentos em forma de barras de areia que progridem mar a dentro. 
------------------------	---

<p><b>Domínio da ondulação</b></p>	<p>São afetados pela ondulação marinha e dão origem a barras de areia arqueadas na foz do estuário.</p>	 <p>The diagram shows a cross-section of a sand bar in an estuary. A large, curved sand bar is positioned in the middle of the channel. Above the bar, the water surface is shown with wavy lines representing tidal waves. Below the bar, three small dark shapes represent the seabed or the base of the bar.</p>
<p><b>Domínio Marinho</b></p>	<p>Desenvolvem-se pela sua grande amplitude de maré, o que dá origem a complexos sistemas de mangais e planícies arenosas.</p>	 <p>The diagram illustrates a complex mangrove system. It shows a dense network of channels and landforms. Arrows indicate the flow of water through the system, showing a complex, interconnected pattern of water movement.</p>

## Lagoas Costeiras

O termo lagoa aplica-se mais comumente a uma extensão de água salgada separada do mar por bancos de areia ou recifes de coral. No entanto pode ainda ser utilizado para designar pequenos lagos de água doce próximos de lagos e rios e ainda reservas de água de origem antrópica.

As lagoas costeiras têm uma gênese semelhante à dos estuários – estão sujeitas à ação das marés e ocorre interação entre água doce fluvial e água salgada do mar - são pouco profundas e ao longo da sua evolução poderão ter estado totalmente isoladas do mar devido à deposição de sedimentos no canal de ligação, devido a eventos tectônicos ou ao crescimento de recifes de coral. São mais comuns em costas de tipo transgressivo, particularmente onde a margem continental apresenta baixo gradiente e a subida do nível do mar é lenta.

Na sua generalidade as lagoas costeiras têm 6000 anos, tendo sido formadas durante o final da transgressão marinha do Holocénico. Do ponto de vista geológico são geoformas efêmeras que desaparecem devido à sedimentação proveniente dos rios, bem como acumulação de sedimentos transportados pelo mar e pelo vento e processos químicos e orgânicos. Dessa forma uma lagoa pode estar em processo de crescimento ou pode estar a desaparecer (Goudie, 2004).

O canal entre a lagoa e o mar varia na sua origem e forma. Alguns constituem falhas residuais que persistiram entre restingas ou ilhas barreira onde a lagoa nunca foi completamente selada do mar. Outras são causadas por brechas devido a períodos de forte ondulação ou cheias provenientes do continente. A sua morfologia é o resultado de interações dinâmicas entre o fluxo de correntes, que mantem o canal aberto, e o efeito da deriva de sedimentos paralela e perpendicularmente à costa, que tende a fechar o canal.

As lagoas mais simples ocorrem onde a foz de um rio foi obstruída por barras de areia geradas pela ondulação. Esta barreira pode ser penetrada ocasionalmente por ondulação forte ou por cheias fluviais, no entanto é prontamente repostada pelo mesmo processo que lhe deu origem. Lagoas deste tipo são comuns em costas oceânicas onde se formaram barreiras, em vales fluviais inundados, pela ação de forte ondulação.

Algumas lagoas são extensas e estreitas, paralelas à costa e separadas do mar por barreiras que se formaram em frente à linha costeira. Outras apresentam uma configuração ramificada, alongadas angularmente com a costa e formadas onde vales fluviais foram submersos e enclausurados por barreiras que se depositaram na foz. As maiores e mais complexas surgem

quando grandes baías ficam isoladas do mar devido à acumulação de barreiras deposicionais (Kjerfve, 1994).

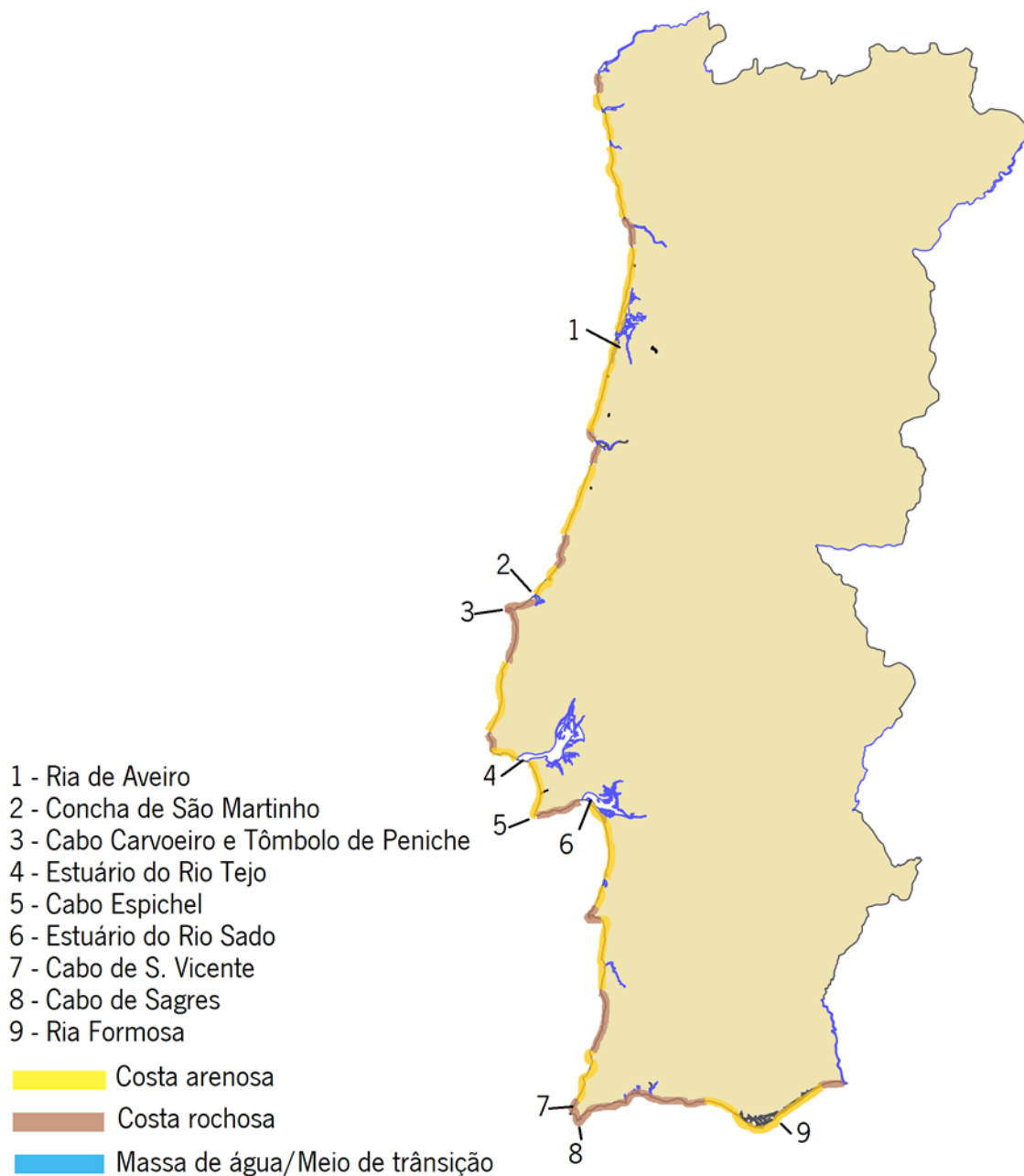
As lagoas costeiras apresentam grande variedade de características geomorfológicas e ecológicas, no entanto seguem um modelo genérico. Geralmente existem três zonas: uma zona de água doce próxima da foz do rio, uma zona de água salgada dominada pela maré próxima da entrada e uma zona intermediária de água salobra com pouca influência da maré. As proporções de cada zona variam de sistema para sistema. A extensão de cada zona depende dos fluxos de água doce e água salgada que entram na lagoa e das condições climáticas.

As lagoas são fortemente influenciadas pela ecologia, particularmente em resposta às alterações de salinidade: com o predomínio de água doce aumenta o crescimento da zona pantanosa, no entanto com o aumento da salinidade predominam os sapais (Bird, 2011).

## 3 - Potenciais geossítios

### 3.1. Caracterização do litoral de Portugal Continental

O litoral português estende-se ao longo de 963 km desde Caminha a Vila Real de Santo António. À escala continental o traçado de costa é bastante retilíneo com poucas reentrâncias naturais, no entanto, é morfologicamente diversificado: o relevo caracteriza-se pela alternância entre costas altas e costas baixas, vastos areais e enormes arribas, apenas pontualmente interrompido por zonas de transição como estuários e lagoas costeiras. Entre Caminha e Nazaré a orla continental é dominado por costas baixas, que vão desde extensos areais a praias rochosas - são exemplo as praias do litoral norte, que perfilam pequenos areais pontualmente marcados por afloramentos rochosos, em contraste com extensos areais e campos dunares do centro do país; da Nazaré até à baía de Lagos a costa é alta, com praias arenosas na base das falésias ou escarpas em contacto direto com o mar, como a praia da arrifana e a arriba de Peniche, respetivamente; o último sector até à foz do Guadiana é novamente baixo mas com predomínio de afloramentos rochosos entre o cabo de São Vicente e Quarteira. A par do Tombolo de Peniche, Concha de S. Martinho e os cabos Carvoeiro, Espichel, São Vicente e Sagres, os meios de transição constituem os principais acidentes de costa, com destaque para a Ria de Aveiro, estuários do Tejo e Sado e Ria Formosa. Na seguinte figura está representado um perfil genérico do litoral português, onde consta o tipo de costa (arenosa ou rochosa) bem como os principais acidentes da costa portuguesa, com destaque para os meios de transição.



**Figura 3** – Representação geral do litoral de Portugal continental, onde está representado o tipo de costa e os principais acidentes geomorfológicos.

### 3.2. Meios de transição em Portugal Continental

No litoral de Portugal continental observam-se dois tipos principais de meios de transição: Estuários e Lagoas costeiras. O único exemplo de um delta no território (“Haff-delta” de Aveiro) não configura por si só um meio de transição, uma vez que faz parte de um sistema complexo mais bem traduzido sob a forma de uma Lagoa costeira. Assim os meios de transição no litoral português resumem-se a Estuários e Lagoas costeiras, podendo estes englobar subsistemas como deltas e sapais. Os meios de transição aqui apresentados foram identificados por via de pesquisa bibliográfica e teledeteção remota, através do GoogleEarth.

Na tabela II estão identificados os 34 estuários presentes em Portugal continental, tratando-se do meio de transição mais presente no território.

**Tabela II** - Lista de Estuários identificados no litoral de Portugal continental

Nome	Local	Latitude	Longitude
Estuário do Rio Minho	Caminha	41°51'58.94"N	8°52'28.60"W
Estuário do Rio Âncora	Caminha	41°48'43.84"N	8°51'51.43"W
Estuário do Rio Lima	Viana do Castelo	41°41'3.90"N	8°50'4.38"W
Estuário do Rio Neiva	Castelo de Neiva	41°36'46.92"N	8°48'35.75"W
Estuário do Rio Cavado	Esposende	41°32'26.83"N	8°47'29.38"W
Estuário do Rio Ave	Vila do Conde	41°20'22.95"N	8°44'51.65"W
Estuário do Rio Leça	Matosinhos	41°11'1.60"N	8°42'4.04"W
Estuário do Rio Douro	Porto	41° 8'39.98"N	8°40'23.74"W
Estuário do Rio Mondego	Figueira da Foz	40° 8'42.06"N	8°52'9.38"W
Estuário do Rio Lis	Leiria	39°52'47.16"N	8°58'16.51"W
Estuário do Ribeiro de São Pedro	São Pedro de Moel	39°46'26.25"N	9° 1'29.17"W
Estuário do Rio Alcoa	Nazaré	39°34'49.08"N	9° 5'4.99"W
Estuário do Rio da Tornada	Alcobaça	39°30'15.99"N	9° 8'56.45"W
Estuário do Rio de São Domingos	Peniche	39°21'4.00"N	9°22'2.01"W
Estuário do Rio Grande	Lourinhã	39°15'50.88"N	9°20'8.43"W
Estuário Rio Alcabrichel	Torres Vedras	39°10'42.07"N	9°21'20.74"W
Estuário do Rio Sizandro	Torres Vedras	39° 6'11.24"N	9°23'58.17"W
Estuário do Rio Lisandro	Mafra	38°56'25.27"N	9°24'52.00"W

Estuário da Ribeira de Colares	Sintra	38°49'27.95"N	9°28'14.82"W
Estuário do Rio Tejo	Lisboa	38°44'42.26"N	9° 3'24.31"W
Estuário do Rio Sado	Setúbal	38°29'17.50"N	8°51'23.66"W
Estuário da Ribeira das Fontainhas	Grândola	38°10'36.13"N	8°46'51.51"W
Estuário do Rio Mira	Odemira	37°43'13.49"N	8°47'9.91"W
Estuário da Ribeira de Seixe	Odemira	37°26'39.01"N	8°47'55.06"W
Estuário da Ribeira do Cercal	Aljezur	37°20'53.12"N	8°50'44.69"W
Estuário da Ribeira da Bordeira	Aljezur	37°11'45.32"N	8°54'13.47"W
Estuário do Rio Guadiana	Vila Real de Santo António	37°10'22.45"N	7°24'12.91"W
Estuário da Ria de Alvor	Alvor	37° 7'45.86"N	8°36'37.67"W
Estuário do Rio Arade	Portimão	37° 6'52.98"N	8°31'26.93"W
Estuário da Ribeira de Bensafrim	Lagos	37° 6'34.95"N	8°40'33.09"W
Estuário da Ribeira de Quarteira	Loulé	37° 4'24.33"N	8° 7'31.13"W
Estuário da Ribeira do Vale do Barão	Vila do Bispo	37° 4'0.60"N	8°48'28.74"W
Estuário da Ribeira de Carcava	Loulé	37° 3'38.30"N	8° 4'57.79"W
Estuário da Ribeira da Torre	Vila do Bispo	37° 1'21.49"N	8°55'13.87"W

Na tabela III estão representadas as 11 lagoas costeiras identificadas em Portugal continental. Apesar da designação “Ria”, a Ria de Aveiro e Ria Formosa, são do ponto de vista geomorfológico, sistemas lacustres, por isso estão representados na categoria geral de lagoas costeiras.

**Tabela III** – Lista de Lagoas Costeiras identificadas no litoral de Portugal continental

Nome	Local	Latitude	Longitude
Lagoa da Barrinha de Esmoriz	Esmoriz	40°57'57.94"N	8°39'0.62"W
Lagoa da Barrinha de Mira	Mira	40°27'0.24"N	8°47'51.18"W
Lagoa de Óbidos	Óbidos	39°24'51.91"N	9°12'57.01"W
Lagoa de Albufeira	Sesimbra	38°30'52.57"N	9°10'8.91"W
Lagoa de Melides	Grândola	38° 7'58.69"N	8°47'3.38"W
Lagoa de S. André e da Sancha	Santiago do Cacém	38° 6'3.86"N	8°47'28.55"W
Lagoa da Ribeira de Moinhos	Sines	37°58'50.80"N	8°51'30.36"W



Lagoa da Ribeira de Alcantarilha	Armação de Pera	37° 6'2.97"N	8°21'8.80"W
Lagoa dos salgados	Albufeira	37° 5'34.45"N	8°19'40.14"W
Ria Formosa	Faro	36°59'12.53"N	7°52'58.36"W
Ria de Aveiro	Aveiro	40°38'40.12"N	8°44'57.74"W

### 3.3. Potenciais geossítios

Os meios de transição apresentados no ponto anterior constituem a totalidade de locais deste tipo no litoral de Portugal continental, no entanto, isso não significa que todos possuam características que lhes permitam ser considerados como potenciais geossítios.

Para elaborar uma lista de potenciais geossítios foi necessário definir critérios de exclusão de forma a eliminar os meios de transição de menor qualidade. Dessa forma, foram aplicados dois critérios de exclusão: antropização e incompetência.

A palavra antropização constitui um neologismo que deriva da palavra antrópico - relativo ao homem ou à ação do homem sobre o meio ambiente. Neste caso, o critério antropização é aplicado quando se verifica uma ação de natureza humana que resulta na alteração drástica da geoforma, culminando na perda das suas características e forma natural.

O critério incompetência é mais complexo e aplica-se quando um local não possui as seguintes competências: dimensão, representatividade e conhecimento científico. Dessa forma é possível, numa primeira fase, excluir locais onde a riqueza geomorfológica seja mínima, quer pela falta de complexidade ou má definição da geoforma, bem como pela sua escala, que independentemente do tamanho, pode não ser suficientemente representativa. A ausência de referências ou trabalhos científicos sobre o local pode indicar a sua vulgaridade, demonstrando a sua inaptidão para ser considerado um potencial geossítio.

As seguintes tabelas representam o resultado da aplicação dos critérios de exclusão aos meios de transição, de forma a eliminar locais que não apresentem condições para serem classificados como possíveis geossítios. Basta a correspondência de um destes critérios para que o local seja dado como não apto a figurar como potencial geossítio. Os critérios de exclusão foram aplicados em separado, assim, um local que verificasse forte antropização não era avaliado de acordo com a sua incompetência, estando automaticamente excluído. Após a aplicação do critério antropização foram eliminados poucos meios de transição. Isto verifica-se porque, apesar de

muitos locais apresentarem impactos resultantes da atividade humana, ainda é possível observar a sua forma natural. Uma vez que se tratam de geoformas de grande escala, a sua integridade pode estar afetada mas a forma não foi completamente obliterada.

**Tabela IV** – Lista de estuários com informação relativa aos critérios de exclusão. S – o local apresenta antropização e/ou incompetência. N – o local não apresenta antropização e/ou incompetência.

<b>Nome</b>	<b>Antropização</b>	<b>Incompetência</b>
Estuário do Rio Minho	N	N
Estuário do Rio Âncora	N	S
Estuário do Rio Lima	N	N
Estuário do Rio Neiva	N	S
Estuário do Rio Cavado	N	N
Estuário do Rio Ave	N	N
Estuário do Rio Leça	S	
Estuário do Rio Douro	N	N
Estuário do Rio Mondego	N	N
Estuário do Rio Lis	S	
Estuário do Ribeiro de São Pedro	N	S
Estuário do Rio Alcoa	N	S
Estuário do Rio da Tornada	N	S
Estuário do Rio de São Domingos	S	
Estuário do Rio Grande	N	S
Estuário Rio Alcabrichel	N	N
Estuário do Rio Sizandro	N	S
Estuário do Rio Lisandro	N	S
Estuário da Ribeira de Colares	N	S
Estuário do Rio Tejo	N	N
Estuário do Rio Sado	N	N
Estuário da Ribeira das Fontainhas	N	S
Estuário do Rio Mira	N	N
Estuário da Ribeira de Seixe	N	S

Estuário da Ribeira do Cercal	N	S
Estuário da Ribeira da Bordeira	N	S
Estuário do Rio Guadiana	N	N
Estuário da Ria de Alvor	N	N
Estuário do Rio Arade	S	
Estuário da Ribeira de Bensafrim	S	
Estuário da Ribeira de Quarteira	S	
Estuário da Ribeira do Vale do Barão	N	S
Estuário da Ribeira de Carcava	N	S
Estuário da Ribeira da Torre	N	S

**Tabela V** – Lista de lagoas costeiras com informação relativa aos critérios de exclusão. S – o local apresenta antropização e/ou incompetência. N – o local não apresenta antropização e/ou incompetência.

<b>Nome</b>	<b>Antropização</b>	<b>Incompetência</b>
Lagoa da Barrinha de Esmoriz	N	N
Lagoa da Barrinha de Mira	N	N
Lagoa de Óbidos	N	N
Lagoa de Albufeira	N	N
Lagoa de Melides	N	N
Lagoa de S. André e da Sancha	N	N
Lagoa da Ribeira de Moinhos	N	S
Lagoa da Ribeira de Alcantarilha	N	S
Lagoa dos salgados	N	N
Ria Formosa	N	N
Ria de Aveiro	N	N

Após a aplicação dos critérios de exclusão, chegou-se a uma lista final de potenciais geossítios. Abaixo encontram-se listados todos os potenciais geossítios que serão avaliados de forma a apurar o seu valor científico.

## **Estuários**

- Rio Minho
- Rio Lima
- Rio Cávado
- Rio Ave
- Rio Douro
- Rio Mondego
- Rio Tejo
- Rio Sado
- Rio Guadiana
- Rio Mira
- Ria de Alvor
- Rio Alcabrichel

## **Lagoas Costeiras**

- Lagoa de Óbidos
- Barrinha de Esmoriz
- Lagoa de Albufeira
- Lagoa de Santo André e da Sancha
- Lagoa de Melides
- Barrinha de Mira
- Ria Formosa
- Ria de Aveiro

## 4 – Geossítios

### 4.1. Seleção de geossítios

A avaliação do património geomorfológico envolve não apenas o reconhecimento das geoformas considerar como locais de interesse geomorfológico, mas também a sua comparação, em termos de importância. Trata-se de um procedimento fundamental para a constituição de inventários com suporte científico e para a definição de estratégias de gestão do património natural (Pereira, Pereira, & Alves, 2007).

Para avaliar e atribuir uma pontuação a cada potencial geossítio foi elaborada uma metodologia com critérios que permitem comparar os diversos locais e ordená-los de acordo com a sua relevância em termos de interesse científico. Assim, no final é possível averiguar quais os potenciais geossítios que passam a geossítios efetivos.

Foram definidos 5 critérios principais. Para cada critério existem 4 subcritérios que correspondem a uma pontuação entre 0 e 3. Dessa forma, no final da avaliação, cada potencial geossítio terá uma pontuação entre 0 e 15 pontos. Os potenciais geossítios com uma classificação superior a 10 passarão a ser considerados geossítios de interesse científico.

Os critérios e subcritérios estão representados na tabela VI:

**Tabela VI** – Critérios utilizados para a avaliação de potenciais geossítios de acordo com o valor científico

<b>Representatividade de processos geológicos</b>	
0	Pouco representativo
1	Com alguma representatividade
2	Bom exemplo de geoforma
3	O melhor exemplo de geoforma
<b>Conhecimento científico do tema geológico</b>	
0	Nenhum
1	Baixo: apresentações, artigos nacionais que se referem ao geossítio
2	Médio: apresentações, artigos nacionais dedicados ao geossítio
3	Alto: artigos internacionais, teses
<b>Integridade</b>	
0	Bastante danificado por atividade antrópica

1	Danificado por processos naturais com obliteração de algumas características
2	Danificado mas com preservação de características geológicas
3	Sem danos aparentes
<b>Diversidade – Número de características geológicas relevantes</b>	
0	Ausência de outras características geológicas
1	Duas características geológicas com interesse científico
2	Três características geológicas com interesse científico
3	Mais de três características geológicas com interesse científico
<b>Raridade/Excepcionalidade</b>	
0	Uma de várias ocorrências/Vulgar
1	É um de raros exemplos nacionais/Com alguma relevância
2	É o único exemplo nacional/bastante relevante
3	Único ou um de raros exemplos internacionais

Estes critérios procuram ser objetivos e transversais a todos os tipos de elementos geomorfológicos. Assim é possível aplicar esta metodologia a vários geossítios de forma a obter resultados justificados e imparciais.

O critério *Representatividade de processos geológicos* corresponde diretamente à geoforma cujo local pretende representar. Na maioria das vezes, quando se aborda uma geoforma, alguns locais são dados como exemplos imediatos por aí se manifestar o expoente máximo de determinada forma. A representatividade é maior quanto mais evidente e definida for a geoforma em questão. Assim, é atribuída uma pontuação baixa ou nula a um local onde a geoforma seja de difícil identificação, e atribuída uma pontuação elevada a uma local que constitua dos melhores exemplos de determinada geoforma.

O *Conhecimento científico* do tema geológico é avaliado de acordo com a existência de estudos que suportem a excepcionalidade de um local enquanto geoforma. Locais cuja geomorfologia é objeto de várias teses e estudos internacionais merecerão a pontuação máxima neste critério.

A *Integridade* é avaliada de acordo com a preservação das características naturais da geoforma. Um local onde as geoformas estejam bastante danificadas terá uma pontuação inferior em relação a um local que preserve as suas características naturais.

No critério *Diversidade*, um local que apresente características geomorfológicas adicionais terá uma pontuação superior a um local que apenas apresente uma característica. De notar que estas características adicionais também devem possuir valor científico.

O valor científico de um local também está relacionado com a sua *Raridade/Excepcionalidade*. Locais que constituam exemplos únicos a nível nacional ou internacional serão beneficiados com maior pontuação neste critério, em relação a locais que, mesmo tendo pontuação alta nos critérios anteriores, sejam vulgares.

#### 4.2. Avaliação dos potenciais geossítios

A aplicação dos critérios de avaliação aos potenciais geossítios pressupõe uma caracterização prévia de cada local, de forma a averiguar as suas principais características e enquadramento nos respetivos critérios de avaliação anteriormente definidos. Assim, recorrendo à pesquisa bibliográfica efetuou-se uma caracterização geral de cada potencial geossítio assente nos critérios de avaliação. Abaixo está um resumo das características de cada local. Por fim, nas figuras 4 e 5 estão representados gráficos onde se compara cada local, ordenados por ordem decrescente os valores totais.

**Tabela VII** – Caracterização dos potenciais geossítios – estuários - e avaliação segundo os critérios de valor científico.

<i>Estuário Rio Minho</i>		
<i>Representatividade</i>	2	<p>Trata-se de um estuário de media dimensão. Encontra-se bem conservado sendo possível identificar facilmente a geoforma. Para além do estuário, neste local encontramos também o sapal do rio Coura que desagua a montante da foz do rio Minho, várias ilhas de areia e ainda a ilha de Ínsua.</p> <p>Por se localizar numa zona mediamente urbanizada, o estuário não mantém totalmente a sua integridade, no entanto mantém as suas características geológicas. Beneficia ainda do facto de estar classificado como zona</p>
<i>Conhecimento científico</i>	2	
<i>Integridade</i>	2	
<i>Diversidade</i>	2	
<i>Raridade</i>	1	
<i>Total</i>	9	

	<p><i>Ramsar</i> e fazer parte da rede natura. Em termos de conhecimento científico é possível encontrar vários artigos científicos nacionais que fazem referencia às características geomorfológicas do local, principalmente no que diz respeito à sedimentologia fluvial do estuário.</p> <p>A maioria dos trabalhos dedicados ao local apenas foca o seu valor ecológico.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Delgado (2012); Moreno et al (2004); Sousa (2003)</p>												
<p><b><i>Estuário Rio Cávado</i></b></p>	<p>É um estuário de média dimensão representativo a nível local. No local é possível observar alguns bancos de areia e uma grande restinga na zona da foz. Existem vários artigos nacionais dedicados ao sítio. No entanto o maior destaque vai para artigos no âmbito da ecologia.</p> <p>Apesar de estar protegido pelo Parque Natural do Litoral Norte, o sistema está bastante afetado pelas construções que se encontram ao longo do estuário e na restinga.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Pinho (2005); Carvalho et al (2003); Granja (2002); Bermudes (2014)</p>												
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 80%;"><i>Representatividade</i></td> <td style="width: 20%; text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td><i>Conhecimento científico</i></td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td><i>Integridade</i></td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td><i>Diversidade</i></td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td><i>Raridade</i></td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td><i>Total</i></td> <td style="text-align: center;">7</td> </tr> </table>	<i>Representatividade</i>	1	<i>Conhecimento científico</i>	2	<i>Integridade</i>	1	<i>Diversidade</i>	2	<i>Raridade</i>	1	<i>Total</i>	7	
<i>Representatividade</i>	1												
<i>Conhecimento científico</i>	2												
<i>Integridade</i>	1												
<i>Diversidade</i>	2												
<i>Raridade</i>	1												
<i>Total</i>	7												



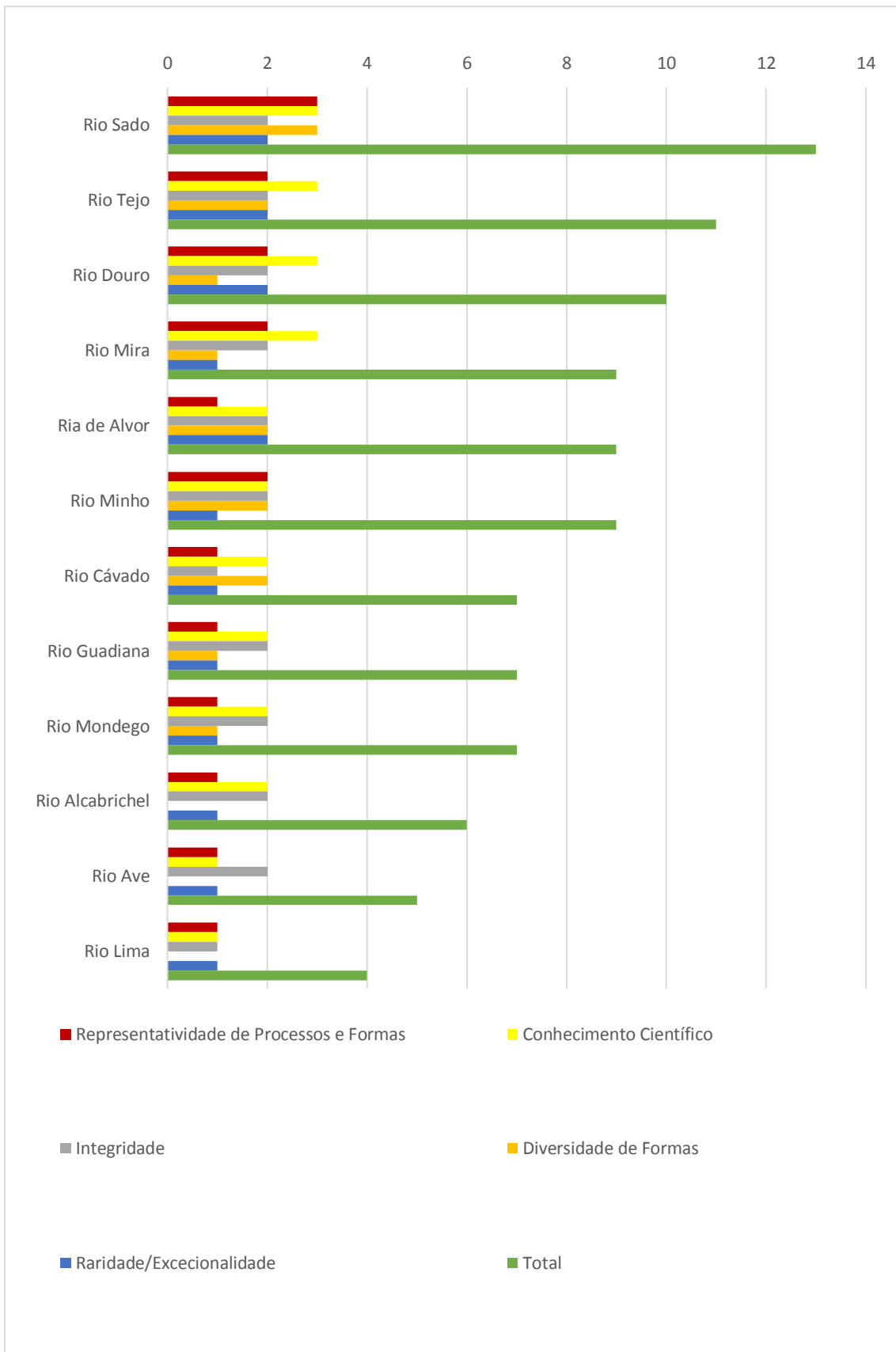
<b><i>Estuário Rio Douro</i></b>		<p>É um estuário de media/grande dimensão, que tem como principal característica a sua forma encaixada, o que contribui para a perceção da geoforma, aumentando a sua relevância a nível nacional.</p> <p>Existem vários estudos nacionais e internacionais acerca da geomorfologia do estuário, nomeadamente sobre a sua morfologia e evolução. Alguns destes estudos abordam aspetos secundários do estuário como é o caso do cabedelo da foz do rio Douro.</p> <p>O estuário encontra-se numa zona fortemente urbanizada, estando assim sobre forte pressão demográfica. Existem também importantes barragens a montante do estuário, o que afeta sua dinâmica natural. No entanto, a sua magnitude permite que as principais características do local se encontrem preservadas.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Naughton (2002); Jesus (2003); Naughton et al (2007); Conceição (2008); Vieira et al (2000)</p>
<i>Representatividade</i>	2	
<i>Conhecimento científico</i>	3	
<i>Integridade</i>	2	
<i>Diversidade</i>	1	
<i>Raridade</i>	2	
<i>Total</i>	10	
<b><i>Estuário Rio Tejo</i></b>		<p>É um estuário de grande dimensão, o que o torna um dos mais representativos e icónicos a nível nacional. Para além da dimensão destaca-se ainda o sapal de Corroios como uma zona bastante dinâmica e diversificada em termos de morfologia estuarina. Por estes motivos e pela sua localização, o estuário é tema de diversos artigos nacionais e internacionais, focados na sua evolução morfossedimentares e no ecossistema formado pelo estuário e o sapal.</p> <p>Encontra-se numa zona bastante urbanizada, o que afeta a sua integridade. Porém, a sua dimensão e algumas</p>
<i>Representatividade</i>	2	
<i>Conhecimento científico</i>	3	
<i>Integridade</i>	2	
<i>Diversidade</i>	2	
<i>Raridade</i>	2	
<i>Total</i>	11	

		<p>medidas de proteção preservam as características principais do estuário.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Freire (2003); Rilo et al (2012); Vale et al (1987); Fortunato et al (1997)</p>
<b><i>Estuário Rio Sado</i></b>		
<b><i>Representatividade</i></b>	3	<p>Estuário de grande dimensão bastante representativo a nível nacional. O sistema estuarino engloba importantes sapais, praias, bancos de areia e a restinga de Troia. Dessa forma constitui um dos melhores exemplos da geoforma a nível nacional.</p> <p>Sobre o local encontram-se vários artigos nacionais e internacionais que destacam vários elementos que constituem o sistema estuarino.</p> <p>Encontra-se numa zona bastante urbanizada, no entanto a sua integridade está parcialmente protegida por várias ações de conservação da natureza.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Andrade et al (2013); Sousa (2006); Martins et al (2001); Rocha (1998)</p>
<b><i>Conhecimento científico</i></b>	3	
<b><i>Integridade</i></b>	2	
<b><i>Diversidade</i></b>	3	
<b><i>Raridade</i></b>	2	
<b><i>Total</i></b>	13	
<b><i>Estuário Rio Guadiana</i></b>		
<b><i>Representatividade</i></b>	1	<p>É um estuário de média dimensão, representativo a nível local. As águas deste estuário alimentam o sapal de Castro Marim, que contribui para a diversidade do sistema. Este local marca ainda a fronteira entre Portugal e Espanha.</p> <p>O estuário encontra-se caracterizado por alguns estudos de âmbito nacional, no entanto não apresenta relevância internacional. Encontra-se numa zona com</p>
<b><i>Conhecimento científico</i></b>	2	
<b><i>Integridade</i></b>	2	
<b><i>Diversidade</i></b>	1	
<b><i>Raridade</i></b>	1	
<b><i>Total</i></b>	7	

		<p>alguma urbanização, porém a presença do sapal de Castro Marim faz com que este local seja protegido por ações de proteção da biodiversidade.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Dias et al (2003); Lopes (2004); Moura et al (2000); Veiga et al (2006)</p>
<b><i>Estuário Rio Mira</i></b>		<p>Trata-se de um estuário de média dimensão representativo a nível local. Associados ao estuário encontram-se vários sapais de grande relevância. Dessa forma o estuário e os sapais são objeto de vários estudos nacionais e internacionais.</p> <p>Este sistema encontra-se numa zona pouco urbanizada o que permite a boa preservação das suas principais características.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Moreira et al (2010); Blanton et al (2001); Corrochano et al (1997)</p>
<i>Representatividade</i>	2	
<i>Conhecimento científico</i>	3	
<i>Integridade</i>	2	
<i>Diversidade</i>	1	
<i>Raridade</i>	1	
<i>Total</i>	9	
<b><i>Estuário Rio Lima</i></b>		<p>É um estuário de media dimensão com representatividade a nível local. O sítio não apresenta outras geoforma de destaque que permita aumentar o valor do local. Em termos de artigos científicos, o local apenas é abordado por alguns estudos nacionais.</p> <p>O sítio está bastante descaracterizado pela urbanização local, principalmente pelo porto de Viana do Castelo.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Alves (2003); Carvalhido et al (2009);</p>
<i>Representatividade</i>	1	
<i>Conhecimento científico</i>	1	
<i>Integridade</i>	1	
<i>Diversidade</i>	0	
<i>Raridade</i>	1	
<i>Total</i>	4	

<b><i>Estuário Rio Mondego</i></b>		<p>É um estuário de media dimensão com representatividade a nível local. O único aspeto relevante que contribui para a sua valorização é a divisão do canal estuarino em dois.</p> <p>O local está descrito por diversos artigos nacionais. Apesar de se encontrar numa zona urbanizada o estuário preserva as suas principais características.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Ramos (2000); Ramos et al (2009); Duarte et al (2008); Ribeiro (2001)</p>
<i>Representatividade</i>	1	
<i>Conhecimento científico</i>	2	
<i>Integridade</i>	2	
<i>Diversidade</i>	1	
<i>Raridade</i>	1	
<i>Total</i>	7	
<b><i>Estuário da Ria de Alvor</i></b>		<p>É um estuário de media dimensão com relevância a nível local. A ria de alvor é bastante peculiar pois resulta da junção de vários cursos de água, formando uma laguna/estuário albergando sapais, dunas e salinas. Existem diversos estudos sobre o local, no entanto nenhum se foca nas geoformas presentes.</p> <p>Apesar de se encontrar numa zona urbanizada preserva as principais características.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Rolo (2007); Troge t al (2013)</p>
<i>Representatividade</i>	1	
<i>Conhecimento científico</i>	2	
<i>Integridade</i>	2	
<i>Diversidade</i>	2	
<i>Raridade</i>	2	
<i>Total</i>	9	
<b><i>Estuário Rio Ave</i></b>		<p>É um pequeno estuário com alguma relevância a nível local, mas que não apresenta outras características relevantes. O estuário encontra-se referido em alguns artigos nacionais, no entanto não se focam nas suas características geomorfológicas.</p> <p>Encontra-se numa zona urbanizada mas preserva as suas principais características.</p>
<i>Representatividade</i>	1	
<i>Conhecimento científico</i>	1	
<i>Integridade</i>	2	
<i>Raridade</i>	1	
<i>Diversidade</i>	0	

<i>Total</i>	5	<b>Bibliografia:</b> Costa et al (2012); Silva (2001)
<i>Estuário Rio Alcabrichel</i>		<p>É um estuário de pequena dimensão com representatividade a nível local, sem características adicionais de destaque. O local é tema de diversos artigos de nível nacional. Encontra-se numa zona urbanizada mas preserva as suas principais características.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Aleixo et al (2013); Portela (2013)</p>
<i>Representatividade</i>	1	
<i>Conhecimento científico</i>	2	
<i>Integridade</i>	2	
<i>Diversidade</i>	0	
<i>Raridade</i>	1	
<i>Total</i>	6	



**Figura 4** – Resultado da avaliação dos estuários. Os valores individuais escalam entre 0 e 3, enquanto o total pode atingir o máximo de 15 valores.

Tabela VIII - Caracterização dos potenciais geossítios – lagoas costeiras - e avaliação segundo os critérios de valor científico.

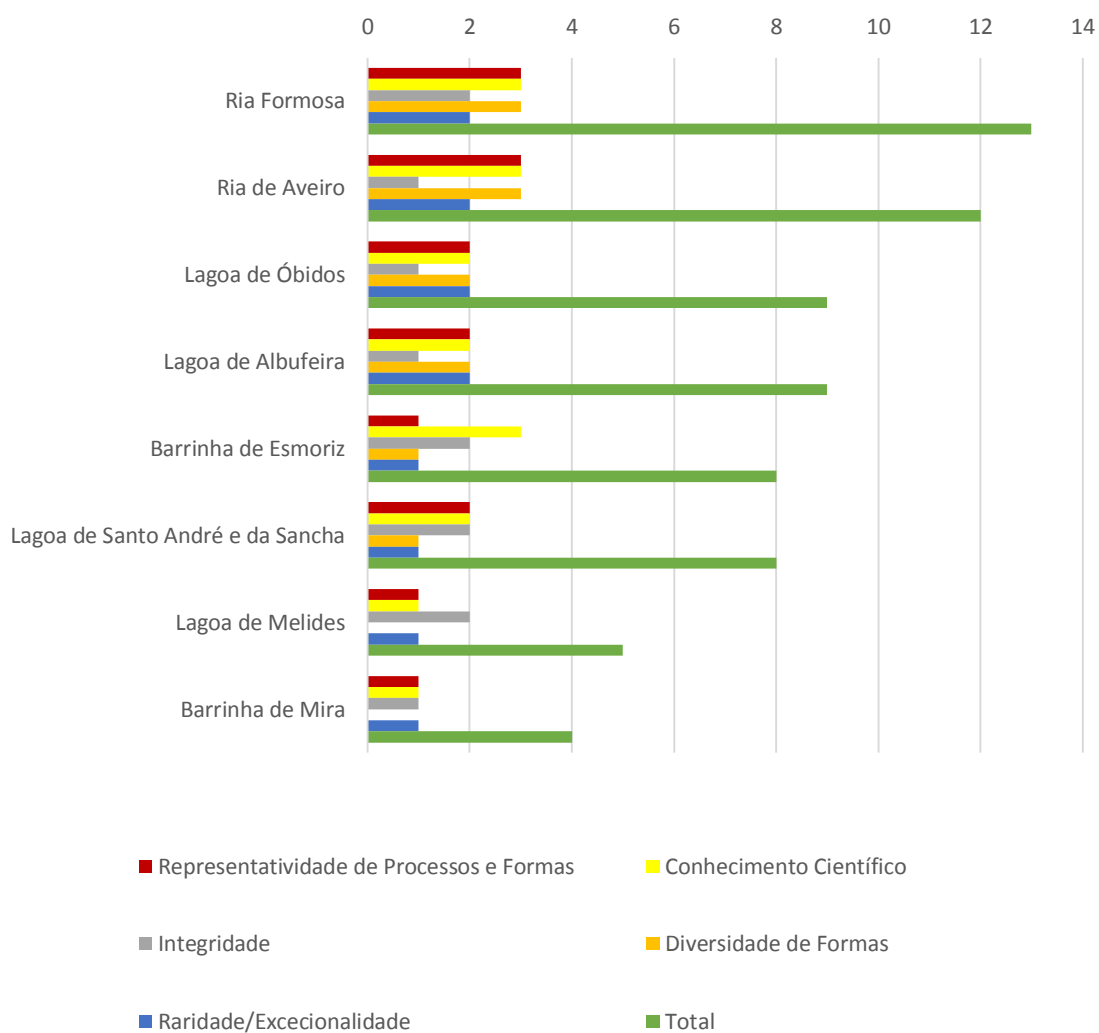
<b><i>Lagoa de Óbidos</i></b>		<p>É uma lagoa de grande dimensão, sendo a mais extensa e das mais conhecidas a nível nacional. Na lagoa destacam-se os diversos canais e barras de areia.</p> <p>A lagoa é tema de diversos artigos nacionais mas com pouco ênfase na geomorfologia, encontrando-se bastante estudada a nível hidroológico sedimentológico.</p> <p>Encontra-se numa zona urbanizada o que afeta parte das suas características naturais.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Rodrigues et al (1985); Malhadas et al (2009); Henriques (1992); Oliveira et al (2006)</p>
<b><i>Representatividade</i></b>	2	
<b><i>Conhecimento científico</i></b>	2	
<b><i>Integridade</i></b>	1	
<b><i>Diversidade</i></b>	2	
<b><i>Raridade</i></b>	2	
<b><i>Total</i></b>	9	
<b><i>Barrinha de Esmoriz</i></b>		<p>É uma lagoa de pequena dimensão que está associada à formação da ria de Aveiro. Por esse motivo é objeto de diversos artigos nacionais e internacionais.</p> <p>Como característica de interesse acresce a presença de uma barra de areia.</p> <p>Mesmo estando localizada numa zona urbanizada preserva as suas principais características.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Taveira-Pinto et al (2009); Horta et al (2010); Malhadas et al (2009)</p>
<b><i>Representatividade</i></b>	1	
<b><i>Conhecimento científico</i></b>	3	
<b><i>Integridade</i></b>	2	
<b><i>Diversidade</i></b>	1	
<b><i>Raridade</i></b>	1	
<b><i>Total</i></b>	8	

<b><i>Lagoa de Albufeira</i></b>		<p>É um sistema de grande dimensão formado pela junção de três lagoas.</p> <p>Este sistema encontra-se amplamente estudado sendo tema de diversos artigos nacionais, assentando mais em hidrografia do que geomorfologia.</p> <p>O local mantém parte da sua integridade apesar de se encontrar numa zona urbanizada.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Duarte (2012); Branco (2005); Bao et al (2009); Queiroz (1994)</p>
<b><i>Representatividade</i></b>	2	
<b><i>Conhecimento científico</i></b>	2	
<b><i>Integridade</i></b>	1	
<b><i>Diversidade</i></b>	2	
<b><i>Raridade</i></b>	2	
<b><i>Total</i></b>	9	
<b><i>Lagoa de S. André e Sancha</i></b>		<p>É um complexo de duas lagoas bastante extenso, no entanto a lagoa da Sancha apresenta pouca relevância. Este complexo está protegido por importantes dunas que se localizam nas suas imediações.</p> <p>Existem alguns artigos de índole sedimentológica e paleoambiental que se dedicam ao local.</p> <p>A sua integridade é mantida por estar classificado como zona de reserva natural.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Ramos et al (2011); Bernardo (1990); Pires et al (2011); Freitas et al (2004 e 2011)</p>
<b><i>Representatividade</i></b>	2	
<b><i>Conhecimento científico</i></b>	2	
<b><i>Integridade</i></b>	2	
<b><i>Diversidade</i></b>	1	
<b><i>Raridade</i></b>	1	
<b><i>Total</i></b>	8	



<b><i>Lagoa de Melides</i></b>		<p>É uma lagoa de pequena dimensão com alguma relevância a nível local, que não apresenta outros elementos de destaque.</p> <p>A lagoa é referenciada em alguns artigos, no entanto não se dedicam ao estudo da geoforma.</p> <p>Apesar de se localizar numa zona urbanizada preserva a maioria das suas características principais.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Freitas et al (2002); Carreta et al (2007);</p>
<i>Representatividade</i>	1	
<i>Conhecimento científico</i>	1	
<i>Integridade</i>	2	
<i>Diversidade</i>	0	
<i>Raridade</i>	1	
<i>Total</i>	5	
<b><i>Barrinha de Mira</i></b>		<p>É uma lagoa de pequena dimensão próxima da ria de Aveiro. Não apresenta características adicionais de relevância e não é tema principal de artigos científicos.</p> <p>Apenas apresenta alguma relevância a nível local.</p> <p>Encontra-se numa zona urbanizada e preserva a sua integridade.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Taveira-Pinto et al (2009); Cerejo et al (2007)</p>
<i>Representatividade</i>	1	
<i>Conhecimento científico</i>	1	
<i>Integridade</i>	1	
<i>Diversidade</i>	0	
<i>Raridade</i>	1	
<i>Total</i>	4	
<b><i>Ria Formosa</i></b>		<p>Trata-se de uma grande complexo lagunar com enorme relevância a nível local. Destacam-se a presença de canais, sapais, bancos de areia, ilhotas e ilhas barreira.</p> <p>O local é alvo de inúmeros artigos nacionais e internacionais. É a geoforma mais representativa a nível nacional.</p> <p>Apesar da enorme pressão demográfica no local, as principais características encontram-se preservadas devido à sua dimensão e dinâmica.</p>
<i>Representatividade</i>	3	
<i>Conhecimento científico</i>	3	
<i>Integridade</i>	2	
<i>Diversidade</i>	3	
<i>Raridade</i>	2	
<i>Total</i>	13	

		<p><b>Bibliografia:</b> Newton et al (2003); Andrade et al (2004); Matias (2006); Santos et al (1998)</p>
<i>Ria de Aveiro</i>		<p>É um complexo sistema lagunar cujas características atuais estão intimamente ligadas a atividade antrópica. Neste local destacam-se os diversos canais, bancos de areia, restingas e o haff-delta do rio Vouga que da origem à lagoa.</p> <p>O local está extensamente estudado, sendo tema de vários artigos nacionais e internacionais.</p> <p>Trata-se do único exemplo de sistema deltaico em território nacional.</p> <p>Este local está intensamente urbanizado, sendo difícil separar a sua dinâmica natural da atividade antrópica que tem grande influência na geoforma.</p> <p><b>Bibliografia:</b> Picado et al (2010); Dias (2001); Lopes et al (2006); Vaz et al (2005)</p>
<i>Representatividade</i>	3	
<i>Conhecimento científico</i>	3	
<i>Integridade</i>	1	
<i>Diversidade</i>	3	
<i>Raridade</i>	2	
<i>Total</i>	12	

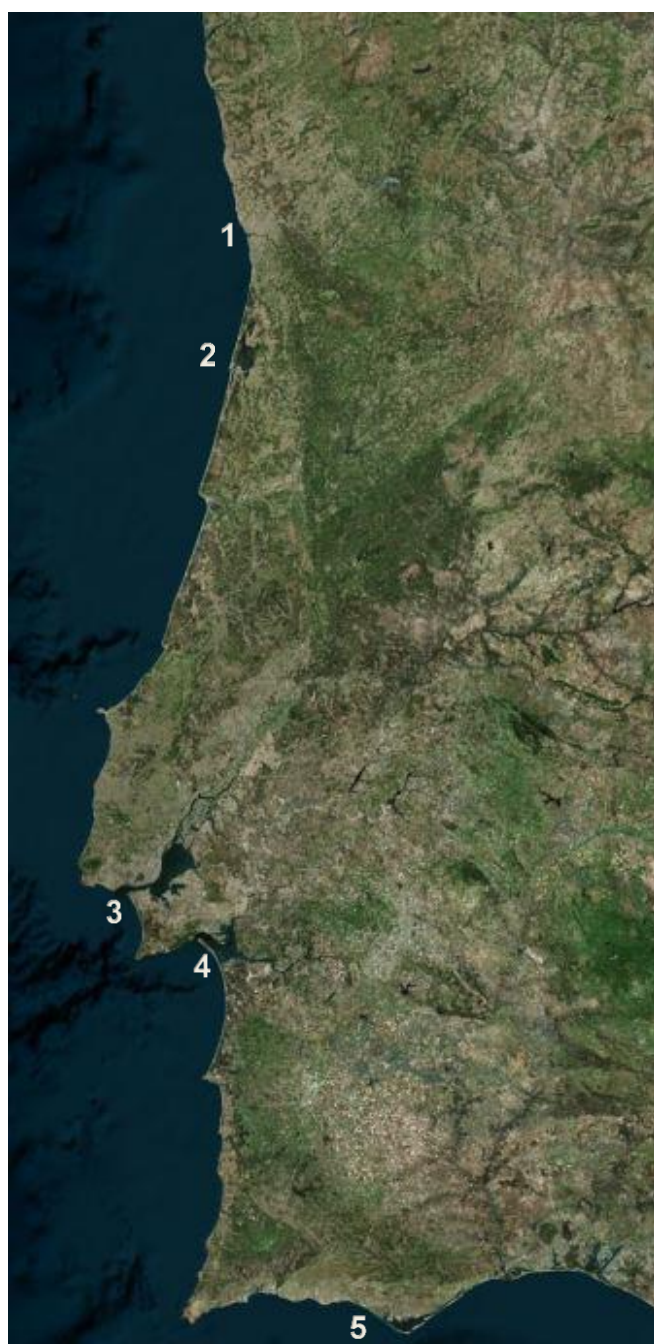


**Figura 5** – Resultado da avaliação das lagoas costeiras. Os valores individuais escalam entre 0 e 3, enquanto que o total pode atingir o máximo de 15 valores.

### 4.3. Geossítios resultantes da avaliação

Após a avaliação feita aos potenciais geossítios é necessário escolher quais os locais em condições de figurarem no inventário nacional de geossítios. Para tal foi definido um valor de corte, isto é: um valor que marque o limite mínimo de pontuação para que um geossítio seja considerado um geossítio final. Esse valor foi fixado em 10. Potenciais geossítios com 10 ou mais valores passam a ser considerados os geossítios finais resultantes deste inventário. Os meios de transição que respeitam este critério são: Estuário do rio Sado, Estuário do rio Tejo, Estuário do rio Douro, Ria Formosa e Ria de Aveiro.

Os geossítios finais, resultantes deste inventário, estão representados na figura 6. Como se denota na imagem os cinco finalistas tem em comum a sua dimensão, sendo que todos são observáveis à escala geral de Portugal continental através de imagem de satélite. É, inclusive, possível notar com algum pormenor a maioria dos traços gerais que definem as geoformas.



**Figura 6** – Localização dos geossítios selecionados. 1 – Estuário do Rio Douro; 2 – Ria de Aveiro; 3 – Estuário do Rio Tejo; 4 – Estuário do Rio Sado; 5 – Ria Formosa

## 4.4. Caracterização dos geossítios inventariados

### Estuário do rio Sado

O estuário do rio Sado (figura 7) é o segundo maior em Portugal, com uma área de cerca de 240 km<sup>2</sup>, e atinge uma profundidade máxima de mais de 50 m sendo que a média se situa nos 8 m. Está separado do mar por um grande cordão dunar (península de Troia) (figura 8), sendo a comunicação com o Atlântico feita através de um estreito canal com baixios. A maioria das trocas de água fazem-se pelo canal a sul, que atinge uma profundidade de 25 m, enquanto o canal a norte tem uma profundidade média de 10 m. O estuário liga-se ao oceano por um estreito canal com 50m de profundidade máxima, que contribui de forma significativa para o padrão geral de circulação do estuário (Caeiro et al., 2009).

O estuário é bastante sinuoso e os bancos de areia intertidais delimitam canais a norte e a sul. Um terço do curso superior é ocupado por charcos e sapais. É constituído por duas zonas: a baía central (que inclui a baía de Setúbal), sob a influência dominante das marés e o canal de Alcácer, sob maior influência do rio Sado. A influência das marés faz-se sentir até 25 km a montante de Alcácer do Sal (Cândido, 2003).

O fluxo do rio apresenta uma forte variabilidade sazonal. Varia entre menos de 1m<sup>3</sup>/s no verão e um valor médio de 60m<sup>3</sup>/s no inverno. O fluxo é maioritariamente condicionado pela maré, que se caracteriza por um regime semidiurno, com uma amplitude de cerca de 1,6m na maré viva e 0,6m na maré morta., ocorrendo fortes remoinhos residuais associados à sinuosidade dos canais principais O estuário inferior é ocupado por dois remoinhos principais, enquanto no estuário superior o fluxo residual é mais complexo. Este tipo de circulação divide o estuário em duas partes, superior e inferior, tendo como base a distribuição da temperatura e da salinidade. O estuário inferior comporta-se como uma lagoa costeira com pouca influência de água fresca, enquanto a parte superior do estuário apresenta um comportamento mais ribeirinho (Martins et al, 2001).

O desenvolvimento geomorfológico do estuário relaciona-se com episódios de subida do nível do mar durante o Holocénico médio e superior. Por sua vez o transporte de sedimentos desenvolveu-se tanto a jusante pelo sistema de drenagem fluvial como ao longo da costa pela deriva de sedimentos a partir do norte. A sequência do desenvolvimento de sedimentação no estuário do Sado caracteriza-se por uma complexa interação de sedimentos fluviais finos, que se acumularam no amplo sistema estuarino, combinados com sedimentos mais grossos de origem

marinha, que foram talhados, por ondas e correntes, em bancos de areia e extensões tipo restinga que se desenvolvem a partir de norte na embocadura do estuário (Psuty, et al, 2000).

Na bacia do rio Sado existem 14 barragens que atualmente desviam o fluxo do rio para canais de irrigação. Isto causou uma grande diminuição do fluxo de sedimentos que alimentam o estuário. Grande parte da área de sapal está a sofrer erosão nas suas margens, provavelmente como resultado das barragens a montante, que reduziram o input de sedimentos no estuário conjugada com influência antrópica no local.



**Figura 7** – Estuário do Rio Sado. (imagem Bing Maps)



**Figura 8** – Península de Troia. (Imagem retirada de *panoramio.com*)

## Estuário do Rio Tejo

O estuário do rio Tejo (figura 9), para além de ser o maior em território português, é um dos maiores estuários da costa atlântica europeia, cobrindo uma área de 300 km<sup>2</sup> durante a maré viva. A salinidade varia entre 5‰ a montante e 36‰ perto da foz. As marés são semidiurnas variando de menos de 1 m na maré morta e mais de 4 m na maré viva.

O estuário está dividido em duas regiões distintas. A parte superior, de Vila Franca de Xira a Cacilhas, é ampla, com mais de 10 km de largura em alguns locais, e pouco profunda, com profundidade máxima de 15 m. Caracteriza-se por extensas planícies de maré, pequenas ilhas e uma rede de canais estreitos, apenas com dezenas de metros de largura (figura 10). A intensa deposição de sedimentos e erosão estão a alterar a batimetria da área, o que amortece e retarda o efeito das marés. O estuário inferior (figura 11) é um canal com cerca de 30 m de profundidade, 2 km de largura e 12 km de comprimento que abre para uma grande baía, limitada pelo Cabo Raso a norte e a sul pelo Cabo Espichel. A embocadura apresenta duas características de pequena escala: a ilha de Bugio e o Cabo de S. Júlio. A morfologia da baía está marcada pela forte descarga do rio Tejo. O canal prolonga-se por um canhão com cerca de 20 m de profundidade, limitado de ambos os lados por bancos de areia: o Banco do Bugio a sul e do Bico do Pato a norte. A morfologia da embocadura tem vindo a mudar nos últimos tempos: de 1929 a 1985, o Banco do Bugio estendeu-se 700 m para norte e o de Bico do Pato deslocou-se 850 m para sudoeste (Fortunato et al, 1997).

O estuário está exposto a grande poluição devido às descargas de afluentes urbanos, industriais e agrícolas. O sapal atua como uma fossa concentrando altos níveis de metais pesados nos sedimentos da rizosfera. Cerca de 20 km<sup>2</sup> do estuário está ocupado por sapal, sendo o de Pancas o maior. A vegetação halófitas deste sapal apresenta pouca variedade de plantas. A zona inferior do sapal é regularmente inundada por água salgada e a zona superior é inundada por um sistema de canais que se forma apenas nas marés altas e períodos de forte precipitação (Carvalho et al, 2001).





Figura 9 – Estuário do Rio Tejo. (Imagem Bing Maps)



Figura 10 – Zona superior do estuário do rio Tejo. (imagem retirada de *skyscrapercity.com*)



**Figura 11** – Zona inferior do estuário do rio Tejo. (imagem retirada de panoramio.com)

## Estuário do Rio Douro

O perfil atual do estuário do Rio Douro (figura 12) resulta do alagamento do vale fluvial pela subida do mar, é estreito nos cursos superiores e médios, alargando próximo da foz, onde atinge uma largura média de 645 m., variando de um mínimo de 135 m no centro ribeirinho do Porto até um máximo de 1300 m perto da foz. O estuário está sujeito a marés semidiurnas, com uma amplitude máxima de 4 m. O leito é arenoso com presença de vários afloramentos de granito e xisto. O estuário encontra-se abrigado do oceano por uma barra arenosa (figura 13), estabilizada com cimento e betão, arraigada à margem sul, conhecida como Cabedelo. Pode atingir 1 km de comprimento e resulta de uma deriva litoral inversa no local. A sua morfologia é bastante variável, dependendo da dinâmica marinha e fluvial. No inverno, durante cheias intensas, pode ser ultrapassada, quebrada ou até mesmo alagada por pequenos períodos que podem durar dias ou semanas. A barra do Cabedelo, parece ter se tornado menos significativa, tendo migrado para o interior durante o último século. A erosão costeira é um problema grave na margem sul do estuário (Portela, 2008; Drago et al., 2006).

O estuário pode ser dividido em 3 trechos em função da salinidade da água. O estuário superior tem 645 m de largura e 7,8 m de profundidade média; o estuário médio tem 271 m de largura e 10 m de profundidade média; e o estuário inferior tem 333 m de largura e 7 m de profundidade média. As marés são semidiurnas, com variação média de 2,8 m na foz e 2,6 m na cabeça. O fluxo de água doce do rio varia diariamente entre 0 e mais de  $13000\text{m}^3\text{s}^{-1}$ , com uma média de  $505\text{m}^3\text{s}^{-1}$ . Estão presentes outras fontes de água doce por parte de 13 pequenos afluentes com um fluxo médio que varia entre 0,1 e  $5\text{m}^3\text{s}^{-1}$  (Azevedo et al, 2008,2010).

O estuário do Douro faz parte da maior bacia hidrográfica da Península Ibérica que se estende por  $98000\text{ km}^2$ . Ao longo do seu percurso foram contruídas mais de 50 grandes barragens. Entre a Barragem de Crestuma e a foz, o estuário possui 21 km de extensão. Antes da construção da barragem o alcance da maré localizava-se a 35 km da foz. Os últimos 8 km encontram-se fortemente urbanizados, com mais de 700000 pessoas a viver nas proximidades do estuário. Afluem no estuário águas provenientes de 8 estações de tratamento de água sem que sofram remoção de nutrientes. A embocadura está parcialmente obstruída por uma barra de areia na qual decorrem grandes obras de estabilização. A rápida industrialização e desenvolvimento urbano no estuário ameaça a qualidade da água e o seu valor estético e recreativo (Vieira et al, 2000).



Figura 12 – Estuário do Rio Douro. (imagem Bing Maps)



Figura 13 – Barra do Cabedelo. (imagem retirada de *cienciahoje.pt*)

## Ria Formosa

A Ria Formosa (figura 14) é um sistema lagunar com cerca de 105 km<sup>2</sup> formado por canais e sapais, separado do mar por um conjunto de ilhas barreira (Duarte et al., 2008).

Reconhecida internacionalmente pela sua importância, tem categoria de Parque Natural estando também incluída na convenção Ramsar e Rede Natura 2000.

Trata-se de uma grande lagoa costeira meso-tidal com regime de maré semidiurno. Esta inclui uma grande zona intertidal com cerca de 55 km de comprimento e 6 km de largura máxima. Do interior a ria é alimentada por 5 pequenos rios e 14 pequenos cursos de água, a maioria dos quais seca completamente durante o verão (Newton et al, 2003).



**Figura 14** – Ria Formosa. (imagem Bing Maps)

Apresenta uma profundidade média de 2 m em relação ao nível do mar e a superfície inundada durante a maré viva ronda os 84 km<sup>2</sup>. Apenas 14% da superfície está permanentemente alagada e 80% do fundo da lagoa fica a descoberto durante a maré morta. As formas intertidais (zonas entre maré, sapais e canais) representam 90% da superfície (Andrade et al, 2004).

A vegetação de sapal, que ocupa grande parte da lagoa, cresce sobre sedimentos arenosos e argilosos de origem marinha e é atravessada por uma rede de canais. Aqui existem alguns bancos de areia de origem natural e artificial. A área de sapal ocupa cerca de 34 km<sup>2</sup> (Costa et al, 1996).

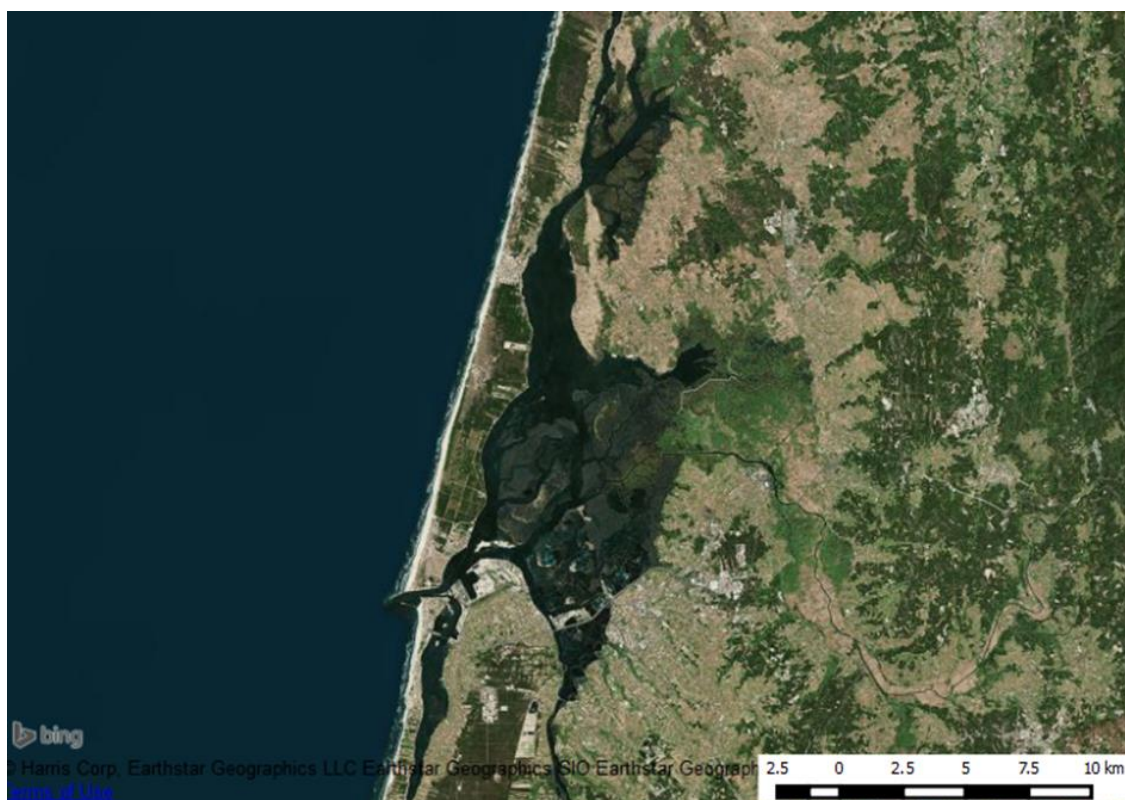
A lagoa está separada do mar por uma extensa barreira natural (figura 15) formada por ilhas arenosas e barras que se estende por cerca de 60 km, desde o Porto da Guarda Fiscal de Ancão até Manta Rota. Concretamente distinguem-se 5 ilhas barreira e duas penínsulas: Península de Ancão (ou Ilha de Faro) com 0,59 km<sup>2</sup>, Ilha da Barreta (Ilha Deserta ou Ilha do Cabo de Sta. Maria) com 2,62 km<sup>2</sup>, Ilha da Culatra com 3,33 km<sup>2</sup>, Ilha da Armona com 3,90 km<sup>2</sup>, Ilha de Tavira com 7 km<sup>2</sup>, Península de Cacela com 1,26 km<sup>2</sup>; e 5 barras: Ancão (S. Luís), Faro-Olhão, Grande, Tavira e Cacela (Costa et al., 1996; Pilkey et al, 1989).



**Figura 15** – Ilhas Barreira da Ria Formosa. (imagem retirada de *blog.interpass.com*)

## Ria de Aveiro

A Ria de Aveiro é uma lagoa costeira localizada no centro de Portugal. Trata-se da lagoa mais extensa do país e a mais dinâmica em termos de processos físicos e bioquímicos. Possui uma geometria bastante irregular e complexa (figura 16), caracterizada por canais estreitos e extensas zonas intertidais. Liga-se ao oceano atlântico por um canal artificial, onde se realizam as principais trocas de água por influência da maré. Por entre o grande número de canais que a caracterizam, encontram-se significativas áreas intertidais, essencialmente lodaçais, sapais e salinas antigas. A evolução da ria de Aveiro durante o século XX tem sido caracterizada pela erosão destas áreas intertidais e alargamento dos canais. Estas alterações, em conjunto com outros fatores antropogénicos, tem modificado a dinâmica de maré do sistema tornando-o mais vulnerável a riscos de cheias e subida do nível do mar (Araújo et al, 2008).



**Figura 16** – Ria de Aveiro. (imagem Bing Maps)

A lagoa tem uma largura máxima de 10 km e um comprimento máximo de 45km. A profundidade media na lagoa ronda os 3 m, apesar de ultrapassar os 28 m no canal de entrada, devido a operações de dragagem que permitem a melhoria da navegação. Devido à pouca

profundidade e significativa amplitude da maré, existem zonas, especialmente ao longo das margens e na zona central da lagoa, que se encontram alternadamente secas e alagadas durante os ciclos de maré. A ria está ligada ao mar por uma entrada de 350m de largura, fixa por dois pontões (figura 17). Apesar destas estruturas marítimas, tem ocorrido importantes mudanças morfológicas nesta área. Até recentemente, a Administração do Porto de Aveiro tem dragado regularmente a areia que se acumula na entrada devido à deriva litoral de sul. Recentes sondagens revelaram erosão junto do pontão a norte e acumulação no pontão a sul.

O regime de maré na embocadura é predominantemente semidiurno, com uma variação média de 2 m, sendo o limite mínimo médio de 0.6 m e o máximo de 3.2 m. O maior input fluvial decorre do rio Vouga (50m<sup>3</sup>/s de fluxo médio) e do rio Antuã (5m<sup>3</sup>/s de fluxo médio). O rio Vouga contribui com 2/3 da água doce que entra na lagoa. A ria é verticalmente homogeneia durante a época seca, mas a estratificação torna-se importante perto dos locais onde flui a água doce depois das chuvas. Uma pequena porção de terra artificial – Triângulo Divisor das Correntes – divide o canal de entrada em dois braços, separando o prisma de maré em dois fluxos: um pequeno fluxo para o canal de Mira e outro mais importante para os canais de S. Jacinto, Espinheiro e Ílhavo (Dias et al, 2000).



**Figura 17** – Canal de abertura da lagoa da Ria de Aveiro. (imagem retirada de *jotaferrand.com*)



A aplicação do termo delta ou *haff-delta*, na designação da ria, surge por intermédio de geógrafos alemães que encontraram semelhanças morfológicas entre a região de Aveiro e as lagunas (*haff*) do mar Báltico, onde a maré é quase nula.

Posteriormente, o crescente domínio da literatura anglo-saxónica foi, provavelmente, responsável pela alteração do termo para *half-delta*. Por outras palavras, a Ria seria apenas metade de um delta. Atualmente, a Ria é definida como um delta, sistema de barreira, estuário ou laguna costeira, uma vez que nela ocorre diluição da água salgada do mar pela água doce transportada pelos rios (Carrabau, 2005).

A zona envolvente da Ria de Aveiro tem reduzida altitude e relevo orográfico, o que implica uma elevada vulnerabilidade às inundações. As principais ações forçadoras da dinâmica da Ria de Aveiro são: a maré oceânica, que se propaga de Sul para Norte ao longo da costa Oeste de Portugal, penetrando na laguna através do canal de embocadura e fazendo sentir os seus efeitos mesmo na extremidade montante dos vários canais; o caudal dos rios Vouga (desagua no Canal do Espinheiro), Antuã (desagua na bacia no Laranjo), Boco (desagua no Canal de Ílhavo), Caster, Gonde e Fontela (desaguam no Canal de S.Jacinto-Ovar) e de diversos ribeiros e cursos de água que desaguam na extremidade montante do Canal de Mira; e o vento, que faz sentir a sua ação por períodos curtos e especialmente nas zonas mais largas da laguna. Deste modo, a hidrodinâmica da Ria de Aveiro depende de condições climáticas adversas: chuvas torrenciais, que conduzem ao aumento dos caudais fluviais; ocorrência de baixas pressões a N/NW de Portugal e altas pressões a S/SW, associadas a ventos fortes de Sul, que originam sobre-elevações do nível do mar. Saliente-se que a ocorrência destas sobre-elevações em simultaneidade com marés-altas, e tendo também em consideração a subida do nível médio do mar prevista para a costa portuguesa, podem originar inundações costeiras significativas. A morfodinâmica da Ria de Aveiro depende também do regime de ondas do Atlântico Nordeste. Tendo em consideração as características da hidro/morfodinâmica da Ria de Aveiro, constata-se a sua sensibilidade a fatores externos, nomeadamente fatores antropogénicos e alterações climáticas. No primeiro caso devem salientar-se os efeitos que as obras costeiras/portuárias, o abandono da exploração da área de salgado e a ausência de manutenção de vários canais da laguna podem provocar na resposta da laguna aos diversos forçamentos. Os fenómenos associados às alterações climáticas podem amplificar os efeitos dos forçamentos da hidro/morfodinâmica da Ria de Aveiro (Dias, 2009).

As salinas de Aveiro ocupam cerca de 15 km<sup>2</sup>, mas muitas foram abandonadas e ocupadas por tanques de aquacultura, como consequência da pouca rentabilidade do sector. Devido à falta

de manutenção das salinas abandonadas, as estruturas são destruídas pelas fortes correntes e ondulação provocada pelas embarcações. Isto provoca alterações na hidrodinâmica da lagoa (Picado et al, 2010).

## 5 - Discussão e conclusão

O objetivo principal deste trabalho visa a realização de um inventário de património geomorfológico do litoral de Portugal continental, mais concretamente meios de transição, segundo o seu valor científico. É, portanto, essencial destacar a importância da realização de inventários, nomeadamente no que diz respeito ao património geológico. A inventariação é o primeiro passo para a conservação, no entanto acresce o facto de classificar e dar a conhecer os objetos sobre os quais se debruça.

Num território onde o litoral tem um papel primordial nas atividades de quem nele habita, é essencial ter um profundo conhecimento da sua génese e morfologia de forma a melhorar a gestão dos recursos disponíveis. Apesar de poucas vezes contemplado, o património geológico, e, neste caso, o património geomorfológico, é parte integrante desses recursos e carece de ações que visem a sua compreensão, valorização e conservação. Assim, a realização deste tipo de inventários é de extrema importância, pois vem colmatar uma lacuna existente na gestão dos recursos naturais, nomeadamente nos recursos naturais de elevado valor científico.

A inventariação é muito mais que uma simples listagem de objetos. Neste caso, para além de serem identificados os objetos que encaixavam na categoria em estudo, procedeu-se à sua classificação e ordenação. Para se realizar um inventário desta natureza é necessário seguir um conjunto de normas, sendo que estas devem ser definidas de forma objetiva e imparcial. Deve ser definida uma metodologia clara e objetiva e que seja, ao mesmo tempo, transversal. Aplicando tal metodologia aos objetos em estudo, é possível comparar, classificar e ordenar os objetos em questão, que, no âmbito deste trabalho, se trata de geossítios de cariz geomorfológico e de valor científico.

No entanto, a própria realização de uma metodologia é um ato imparcial e de certa forma subjetivo, uma vez que os parâmetros e critérios estão sempre sujeitos a um determinado grau de subjetividade por parte de quem os propõe. Assim, os mesmos geossítios podem ser inventariados de forma diferente por intermédio da aplicação de diferentes metodologias.

No presente trabalho foi aplicada uma metodologia na qual os critérios de avaliação não possuem valor relativo, ou seja, todos os critérios possuem o mesmo valor no total da avaliação, visto que atribuição de valores relativos a cada critério, por parte do autor, traduzir-se-ia num ato de subjetividade. Dessa forma, a simplificação da aplicação de critérios contribui para a diminuição do grau de subjetividade que, de forma involuntária, estará sempre presente na realização deste

tipo de trabalhos. Assim, a definição de uma metodologia será, e deverá, sempre ser passível de críticas, de forma a contribuir para uma melhoria da realização deste tipo de trabalhos.

Ultrapassada a questão da metodologia de inventariação, surgiram outras dificuldades durante a realização deste trabalho. No campo das ciências da Terra existem temas que merecem menos destaque por parte dos investigadores, sendo os meios de transição uma dessas áreas. Talvez por não se tratar uma área clássica da geologia, existe relativamente pouca informação sobre meios de transição em Portugal. Por exemplo, uma listagem de todos os estuários presentes no território português é algo inexistente ou inacessível. Dessa forma, recorrendo a bibliografia e a imagens aéreas é possível, e até provável, que este trabalho não englobe todos os meios de transição existentes, sejam eles estuários ou lagoas costeiras. Também existe uma clara carência no que diz respeito cartografia geomorfológica, que não é colmatada com recurso a cartas geológicas. Isto pode resultar de simples inexistência ou inacessibilidade, ou da inaptidão do autor deste trabalho em procurar tal informação. Outra limitação inerente a este trabalho prende-se com a realização de trabalho de campo. Era praticamente impossível visitar todos os meios de transição presentes em toda a extensão do litoral de Portugal continental. A possível opção de visitar apenas determinados locais, para além de provavelmente não traduzir resultados práticos, dada a inaptidão do autor em analisar esses locais *in loco*, resultaria num ato imparcial, uma vez que, dessa forma, todos os geossítios em estudo não teriam o mesmo tratamento.

Durante a avaliação dos geossítios inventariados surgem, novamente, limitações resultantes da bibliografia disponível. São poucos os autores que se dedicam a estes temas e, apesar de não se tratar de uma escassez de artigos científicos, todos citam um pequeno grupo de autores, existindo bastante informação repetida ou que aborda de forma pouco profunda o tema em questão. Assim, cada geossítio está dependente da quantidade e qualidade de informação a que da origem. Apesar dessa mesma disponibilidade poder estar diretamente relacionada com o valor científico do geossítio, por vezes nota-se uma clara preferência regional na escolha de locais a tratar, sendo que locais próximos de grandes centros urbanos, com presença de universidades ligadas às ciências da Terra, acabam por ser beneficiados no que diz respeito à bibliografia disponível.

Concluída a realização do trabalho, constata-se que os objetivos inicialmente propostos foram cumpridos. Realizou-se um inventário inicial bastante completo, que procurou reunir todos

os meios de transição presentes em Portugal continental. Foram no total 45 meios de transição apurados, 34 estuários e 11 lagoas costeiras, dos quais 20 configurariam potenciais geossítios. Ou seja, segundo o que se apurou, quase metade dos meios transição possuem condições para serem potenciais geossítios. Desses potenciais, após a aplicação da metodologia anteriormente abordada, foram selecionados 5 geossítios para figurar no Inventário Nacional de Geossítios.

Posto isto, está dado o primeiro passo para a implementação de uma estratégia de gestão e conservação, a qual deve incidir sobre os geossítios inventariados, uma vez que se tratam dos locais com maior valor científico. Sem esse próximo passo, o trabalho aqui realizado de pouco servirá, uma vez que o objetivo principal de um inventário é a preservação do património, neste caso do património geomorfológico do litoral português.

Para além do resultado prático, que consiste na seleção dos geossítios que serão integrados no inventário nacional, este trabalho pode ainda ser utilizado como base para a inventariação de geossítios dentro de outras áreas temáticas, uma vez que a metodologia aqui apresentada é transversal e pode ser adaptada a outros temas geológicos.

Por fim, resta salientar que este inventário não está fechado e pode ser alvo de alterações, quer ao nível de geossítios, quer ao nível da metodologia aplicada. Este trabalho pode contribuir, ainda, para a evolução do conhecimento científico ao nível dos geossítios analisados e da metodologia de avaliação utilizada.



## Bibliografia

Andrade, C., Freitas, M. d. C., Moreno, J., & Craveiro, S. (2004). Stratigraphical evidence of Late Holocene barrier breaching and extreme storms in lagoonal sediments of Ria Formosa, Algarve, Portugal. *Marine Geology*, 210(1), 339-362.

Araújo, I., Dias, J., & Pugh, D. (2008). Model simulations of tidal changes in a coastal lagoon, the Ria de Aveiro (Portugal). *Continental Shelf Research*, 28(8), 1010-1025.

Araújo, M. d. A. (2000). A evolução do litoral em tempos históricos: a contribuição da Geografia Física.

Azevedo, I. C., Bordalo, A. A., & Duarte, P. M. (2010). Influence of river discharge patterns on the hydrodynamics and potential contaminant dispersion in the Douro estuary (Portugal). *Water research*, 44(10), 3133-3146.

Azevedo, I. C., Duarte, P. M., & Bordalo, A. A. (2008). Understanding spatial and temporal dynamics of key environmental characteristics in a mesotidal Atlantic estuary (Douro, NW Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(3), 620-633.

Bird, E. (2011). *Coastal Geomorphology: An Introduction*: Wiley.

Cândido, A. T. M. B. (2003). Utilização de um sistema de informação geográfica (SIG) para a análise da distribuição e padrões de movimentos da população de Golfinhos-Rozes (*Tursiops truncatus*) do Estuário de Sado.

Carvalho, L. M., Caçador, I., & Martins-Loução, M. (2001). Temporal and spatial variation of arbuscular mycorrhizas in salt marsh plants of the Tagus estuary (Portugal). *Mycorrhiza*, 11(6), 303-309.

Costa, J. C., Lousã, M., & Espírito-Santo, M. D. (1996). The vegetation of "Parque Natural da Ria Formosa" (Algarve, Portugal). *Ediciones Universidad de Salamanca*, 15, 88.

Dias, J. (2009). Hidro/morfologia da Ria de Aveiro: alterações de origem antropogénica e natural. *Debater a Europa*, Junho/Dezembro.

- Dias, J. A. (2004). A história da evolução do litoral português nos últimos vinte milénios.
- Dias, J. A. (2005). Evolução da zona costeira portuguesa: forçamentos antrópicos e naturais. *Tourism & Management Studies*, 1(1), p. 07-27.
- Dias, J., Lopes, J., & Dekeyser, I. (2000). Tidal propagation in Ria de Aveiro lagoon, Portugal. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 25(4), 369-374.
- Drago, T., Freitas, C., Rocha, F., Moreno, J., Cachão, M., Naughton, F., Oliveira, A. (2006). Paleoenvironmental evolution of estuarine systems during the last 14000 years-the case of Douro estuary (NW Portugal). *Journal of Coastal Research*, 1, 186-192.
- Duarte, P., Guerreiro, M. J., Reia, J., da Fonseca, L. C., Pereira, A., Azevedo, B., Serpa, D. (2008). Gestão de zonas costeiras: aplicação à Ria Formosa (Sul de Portugal). *Revista Ciência Agronômica*, 38(1), 118-128.
- Elorza, M. G. (2008). *Geomorfología*: Pearson Prentice Hall.
- Fairbridge, R. W. (1980). The estuary: its definition and geodynamic cycle. *Chemistry and biogeochemistry of estuaries*, 1136.
- Fortunato, A., Baptista, A. M., & Luetlich Jr, R. A. (1997). A three-dimensional model of tidal currents in the mouth of the Tagus estuary. *Continental Shelf Research*, 17(14), 1689-1714.
- Goudie, A. (2004). *Encyclopedia of geomorphology (Vol. 2)*: Psychology Press.
- Huggett, R. (2011). *Fundamentals of Geomorphology*: Taylor & Francis.
- Kjerfve, B. (1994). Coastal lagoons. *Elsevier oceanography series*, 60, 1-8.
- Martins, F., Leitão, P., Silva, A., & Neves, R. (2001). 3D modelling in the Sado estuary using a new generic vertical discretization approach. *Oceanologica Acta*, 24, 51-62.
- Newton, A., & Mudge, S. M. (2003). Temperature and salinity regimes in a shallow, mesotidal lagoon, the Ria Formosa, Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57(1), 73-85.



Pereira, P., Pereira, D., & Alves, M. (2007). Avaliação do Património Geomorfológico: proposta de metodologia.

Picado, A., Dias, J. M., & Fortunato, A. B. (2010). Tidal changes in estuarine systems induced by local geomorphologic modifications. *Continental Shelf Research*, 30(17), 1854-1864.

Pilkey Jr, O., Neal, W., Monteiro, J., & Dias, J. (1989). Algarve barrier islands: a noncoastal-plain system in Portugal. *Journal of Coastal Research*, 239-261.

Portela, L. I. (2008). Sediment transport and morphodynamics of the Douro River estuary. *Geo-Marine Letters*, 28(2), 77-86.

Psuty, N. P., Eugénia, M., & Moreira, S. (2000). Holocene sedimentation and sea level rise in the Sado Estuary, Portugal. *Journal of Coastal Research*, 125-138.

Vieira, M. E. C., & Bordalo, A. A. (2000). The Douro estuary (Portugal): a mesotidal salt wedge. *Oceanologica Acta*, 23(5), 585-594

### **Bibliografia utilizada na avaliação dos potenciais geossítios**

Aleixo, C., Ramos-Pereira, A., & Trindade, J. A (2013) Evolução nos últimos 5000 anos do estuário do rio Alcabrichel (oeste, Portugal)

Alves, A. M. C. (2003). O estuário do rio Lima: pressão antrópica e caracterização ambiental. *Ciências da Terra*.

Andrade, C., Freitas, M. D. C., Moreno, J., & Craveiro, S. C. (2004). Stratigraphical evidence of Late Holocene barrier breaching and extreme storms in lagoonal sediments of Ria Formosa, Algarve, Portugal. *Marine Geology*, 210(1), 339-362.

Andrade, C., Rebêlo, L. P., Brito, P. O., & Freitas, M. D. C. (2013). Processos Holocénicos: aspectos da geologia, geomorfologia e dinâmica sedimentar do troço litoral Tróia-Sines.

Bao, R., da Codnção Freitas, M, & Andrade, C. (1999). Separating eustatic from local environmental effects: a late-Holocene record of coastal change in Albufeira Lagoon, Portugal. *The Holocene*, 9(3), 341-352.

Bermudes, J. M. F. (2014). (Re) ativação das margens através da (re) qualificação dos percursos do estuário do Cávado.

Bernardo, J. M. (1990). Dinâmica de uma lagoa costeira eutrófica (Lagoa de Santo André).

Blanton, J. O., & Andrade, F. A. (2001). Distortion of tidal currents and the lateral transfer of salt in a shallow coastal plain estuary (O Estuário do Mira, Portugal). *Estuaries*, 24(3), 467-480.

Branco, D. F. T. V. (2005). Levantamento topo-hidrográfico de duas faixas ao largo da Lagoa de Albufeira e da Praia do Meco.

Carvalhido, R., Pereira, D., & Brilha, J. (2009). Inventariação do património geomorfológico do litoral do concelho de Viana do Castelo. *Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos*, 6, 299-304.

Carvalho, G. S., & Granja, H. M. (2003). As mudanças da zona costeira pela interpretação dos sedimentos plistocénicos e holocénicos (a metodologia aplicada na zona costeira do NO de Portugal). *Revista da Faculdade de Letras–Geografia*.

Carrabau, M. E. M. (2005). Síntese e análise integrada dos estudos efectuados sobre recursos naturais da Região da Ria de Aveiro.

Cearreta, A., Alday, M., da Conceição Freitas, M., & Andrade, C. (2007). Postglacial foraminifera and paleoenvironments of the Melides Lagoon (SW Portugal): towards a regional model of coastal evolution. *The Journal of Foraminiferal Research*, 37(2), 125-135.

Cerejo, M., & Dias, J. M. (2007). Tidal transport and dispersal of marine toxic microalgae in a shallow, temperate coastal lagoon. *Marine environmental research*, 63(4), 313-340.

Conceição, T. E. D. C. (2008). Impacto das acções antropogénicas no comportamento sedimentar do rio Douro.

Corrochano, A., Galera, M., Barba, P., & Bernardes, C. A. (1997). Facies y evolución Holocena Reciente en el canal mareal de Mira (Portugal). *Rev. Soc. Geol. España*, 123-135.

Costa, F. D. S., Alonso, J. M., & Fernandes, S. R. (2012). Avaliação do potencial de valorização dos ecossistemas fluviais: aplicação ao caso de estudo do rio Ave.

da Conceição Freitas, M., & Andrade, C. (2011). Modelação numérica da abertura e fecho de uma embocadura artificial (Lagoa de Santo André, Portugal). *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 11(3), 341-353.

Delgado, A. M. D. C. (2012). Caracterização hidrodinâmica e sedimentar do estuário do rio Minho.

Dias, J. A., Gonzalez, R., & Ferreira, Ó. (2003). Dependência entre bacias hidrográficas, zonas costeiras e impactes de actividades antrópicas: o caso do Guadiana (Portugal). In 2º Congresso do Quaternário dos Países de Línguas Ibéricas e 2º Congresso sobre Planeamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa: Livro de Resumos (p. 420).

Dias, J. M. S. S. (2001). Contribution to the study of the Ria de Aveiro hydrodynamics.

Duarte, A. A., Vieira, J. M., Neto, J. M., & Pardal, M. A. (2008). Monitorização da hidrodinâmica e da qualidade da água no estuário do Rio Mondego.

Duarte, A. S. (2012). Estudo da interacção água subterrânea/água superficial nos sistemas associados à Lagoa de Albufeira.

Fortunato, A., Baptista, A. M., & Luetlich Jr, R. A. (1997). A three-dimensional model of tidal currents in the mouth of the Tagus estuary. *Continental Shelf Research*, 17(14), 1689-1714.

Freire, P. M. S. (2003). Evolução morfo-sedimentar de margens estuarinas: Estuário do Tejo, Portugal (Doctoral dissertation, Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa (edição LNEC)).

Freitas, M. D. C., Andrade, C., & Cruces, A. (2002). The geological record of environmental changes in southwestern Portuguese coastal lagoons since the Lateglacial. *Quaternary International*, 93, 161-170.

Freitas, M., Andrade, C., Cruces, A., & Ferreira, t. (2004). Sediments and dynamics of an interdune environment: the case of Lagoa da Sancha (Portuguese SW coast). In 23rd IAS meeting of sedimentology (p. 119).

Granja, H. M. (2002). Reconstituição paleoambiental da zona costeira, a norte da laguna de Aveiro, desde a Idade Média até à Actualidade. O Litoral em Perspectiva Histórica Sécs XVI a XVIII. Actas.

Henriques, M. V. (1992). Morphological evolution of the Óbidos Lagoon. Journal of coastal research, 677-687.

Horta, A., Caeiro, M. H., Nunes, R., & Soares, A. (2010). Simulation of continuous variables at meander structures: application to contaminated sediments of a lagoon. In geoENV VII– Geostatistics for Environmental Applications (pp. 161-172). Springer Netherlands.

Jesus, M. E. R. V. D. (2003). 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.

Lopes, J. (2004). Modelação matemática do transporte de sedimentos no Estuário do Guadiana (Doctoral dissertation, M. Sc. Thesis. Guimarães: Universidade do Minho).

Lopes, J. F., Dias, J. M., & Dekeyser, I. (2006). Numerical modelling of cohesive sediments transport in the Ria de Aveiro lagoon, Portugal. Journal of Hydrology, 319(1), 176-198.

Malhadas, M. S., Silva, A., Leitão, P. C., & Neves, R. (2009). Effect of the bathymetric changes on the hydrodynamic and residence time in Óbidos Lagoon (Portugal). Journal of Coastal Research, 549-553.

Martins, F., Leitão, P., Silva, A., & Neves, R. (2001). 3D modelling in the Sado estuary using a new generic vertical discretization approach. Oceanologica Acta, 24, 51-62.

Matias, A. (2006). Overwash sedimentary dynamics in the Ria Formosa barrier islands (Doctoral dissertation, Universidade do Algarve).

Moreira, S., da Conceição Freitas, M., de Fátima Araújo, M., Andrade, C., & Fatela, F. (2010). Caracterização da sedimentação secular em ambientes intermareais do estuário do Mira. VIII CNG 2010, 12.

Moreno, F., Araújo, M. F., Moreno, J., Fatela, F., & Drago, T. (2004). Geoquímica de sedimentos flúvio-estuarinos do rio Minho: avaliação preliminar do actual grau de enriquecimento/contaminação por metais. In Congresso internacional sobre o rio Minho: Por uma nova cultura da água. Fundação Nova Cultura da Água, Melgaço.

Moura, D., Boski, T., Duarte, N., Veiga-Pires, C., Pedro, P., Lourenço, N., & Diniz, F. (2000). A subida do nível do mar durante o Holocénico no Golfo de Cadiz–tendência regional e diferenças locais.

Naughton, F. (2002). Evolução Morfodinâmica do Estuário do Douro com base no registo polínico e sedimentológico.

Naughton, F., Sánchez Goñi, M. F., Drago, T., Conceição Freitas, M., & Oliveira, A. (2007). Holocene changes in the Douro estuary (Northwestern Iberia). *Journal of Coastal Research*, 711-720.

Newton, A., & Mudge, S. M. (2003). Temperature and salinity regimes in a shallow, mesotidal lagoon, the Ria Formosa, Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57(1), 73-85.

Oliveira, A., Fortunato, A. B., & Rego, J. R. (2006). Effect of morphological changes on the hydrodynamics and flushing properties of the Óbidos lagoon (Portugal). *Continental Shelf Research*, 26(8), 917-942.

Picado, A., Dias, J. M., & Fortunato, A. B. (2010). Tidal changes in estuarine systems induced by local geomorphologic modifications. *Continental Shelf Research*, 30(17), 1854-1864.

Pinho, J. L. (2005). Modelação da hidrodinâmica e dinâmica sedimentar no estuário do rio Cávado.

Pires, A. R., Ramos, R., Freitas, M. C., Taborda, R., Andrade, C., Cruces, A., ... & Pacheco, A. (2010). Morfodinâmica da barra de maré efémera da Lagoa de Santo André (SW Portugal). In *Proceedings of the Coastal Hope conference* (pp. 84-85).

Portela, P. J. C. (2013). Análise elementar e isotópica de sedimentos estuarinos do Rio Alcabrichel (Torres Vedras) e da Ribeira de Bensafrim (Lagos) (Doctoral dissertation, Universidade de Lisboa).

Queiroz, P. F., & Mateus, J. E. (1994). Preliminary palynological investigation on the Holocene deposits of Lagoa de Albufeira and Lagoa de Melides, Alentejo (Portugal). *Revista de Biologia*, 15, 15-27.

Ramos, A. M. (2000). Organização e significado dos depósitos mais recentes da zona vestibular do rio Mondego.

Ramos, A., Cunha, P. P., & Gomes, A. (2009). Os traços geomorfológicos da área envolvente da Figueira da Foz ea evolução da paisagem durante o Pliocénico eo Plistocénico. *Public Associação Portuguesa de Geomorfólogos*, 6, 9-16.

Ramos, R., Freitas, M. C., Bristow, C. S., Andrade, C., Hermozilha, H., Grangeia, C., & Matias, M. S. (2011). Sedimentary architecture of the Santo André transverse dunes (Portugal) interpreted from ground-penetrating radar. *Journal of Coastal Research, Special Issue*, 57, 303-307.

Ribeiro, J. L. (2001). Zonas húmidas costeiras e ordenamento territorial: o caso do estuário do Mondego. *Imprensa da Univ. de Coimbra*.

Rilo, A. R., Freire, P., Mendes, R. N., Ceia, R., Catalão, J., Taborda, R., ... & Freitas, M. C. (2012). Um contributo para o traçado da Linha da Máxima Preia-mar de Águas Vivas Equinociais em ambientes de transição. O caso do estuário do Tejo. In 11º Congresso da Água.

Rocha, C. (1998). Rhythmic ammonium regeneration and flushing in intertidal sediments of the Sado estuary. *Limnology and Oceanography*, 43(5), 823-831.

Rodrigues, A. M., & Quintino, V. (1985). Estudo granulométrico e cartografia dos sedimentos superficiais da Lagoa de Óbidos (Portugal). *Comun. Serv. Geol. Portugal*, 17(2), 231-242.

Rolo, V. L. M. D. S. (2007). Intervenção no sapal oeste da vila de Alvor: um exemplo de recuperação?.

Santos, A., Boski, T., Cachão, M., Silva, C. M., Moura, D., & Fonseca, L. C. (1998). Jazida fossilífera de Cacela (Parque Natural da Ria Formosa, Algarve): um exemplo de património paleontológico a salvar. *Com do Inst Geol e Mineiro*, 84(2), G26-G29.

Silva, R. M. B. D. (2011). Avaliação do efeito do estuário do Ave na qualidade das águas balneares do Concelho de Vila do Conde.

Sousa, M. J. (2006). Contribuição para a caracterização geoambiental de sapais do estuário do Sado—aplicação experimental no ensino da Geologia. Lisbon, Portugal: Universidade Nova de Lisboa, Master's thesis, 183p.

Sousa, R. (2003). Estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentónicos presentes no estuário do rio Lima

Taveira-Pinto, F., Pais-Barbosa, J., & Veloso-Gomes, F. (2009). Coastline Evolution at Esmoriz-Furadouro Stretch (Portugal). *Journal of Coastal Research*, 673-677.

Taveira-Pinto, F., Pais-Barbosa, J., & Veloso-Gomes, F. (2009). Coastline Evolution at Esmoriz-Furadouro Stretch (Portugal). *Journal of Coastal Research*, 673-677.

Trog, C., Höfer, D., Frenzel, P., Camacho, S., Schneider, H., & Mäusbacher, R. (2013). A multi-proxy reconstruction and comparison of Holocene palaeoenvironmental changes in the Alvor and Alcantarilha estuaries (southern Portugal). *Revue de Micropaléontologie*, 56(4), 131-158.

Vale, C., & Sundby, B. (1987). Suspended sediment fluctuations in the Tagus estuary on semi-diurnal and fortnightly time scales. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 25(5), 495-508.

Vaz, N., Dias, J. M., Leitao, P., & Martins, I. (2005). Horizontal patterns of water temperature and salinity in an estuarine tidal channel: Ria de Aveiro. *Ocean Dynamics*, 55(5-6), 416-429.

Veiga, P., Vieira, L., Bexiga, C., Sá, R., & Erzini, K. (2006). Structure and temporal variations of fish assemblages of the Castro Marim salt marsh, southern Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70(1), 27-38.

Vieira, M. E., & Bordalo, A. A. (2000). The Douro estuary (Portugal): a mesotidal salt wedge. *Oceanologica Acta*, 23(5), 585-594.

