



## TRANSPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS PARA A OTIMIZAÇÃO DO EQUILÍBRIO HIDRODINÂMICO NA RIA DE AVEIRO

André Guimarães; Paula Mendes; António Ressurreição

[andre.guimaraes@future.proman.pt](mailto:andre.guimaraes@future.proman.pt); [paula.mendes@future.proman.pt](mailto:paula.mendes@future.proman.pt); [a.ressurreicao@future.proman.pt](mailto:a.ressurreicao@future.proman.pt);

### Resumo

O projeto apresentado neste documento enquadra-se na visão de futuro estabelecida para o território da Ria de Aveiro no PEIRVRA-Plano Estratégico da Intervenção de Requalificação e Valorização da Ria de Aveiro (Jun/2010), sendo um objetivo principal o estabelecimento e implementação de uma estratégia de intervenção integrada, coerente e de futuro para a Ria de Aveiro, consubstanciada em eixos estratégicos que visam uma Ria ambientalmente preservada, economicamente dinâmica e de múltiplas vivências

Do presente projeto resultou a definições das manchas e volumes de dragagens dos canais navegáveis da Ria de Aveiro, bem como a definição dos locais de depósito e soluções de retenção dos sedimentos dragados, de forma que estes não retornem rapidamente ao sistema sedimentar e hidrodinâmico que é a Ria de Aveiro. Desta forma, foram estudados e analisados os impactos na morfodinâmica e hidrodinâmica da zona lagunar da Ria de Aveiro.

O projeto foi desenvolvido com os objetivos de contribuir para o trânsito sedimentar litoral para proteção costeira, para a criação/reforço de motas para proteção de áreas agrícolas contra inundação, para a proteção de terrenos marginais e de infraestruturas rodoviárias contra erosão, para beneficiação de áreas de sapal, reforço de motas e diques para proteção/recuperação de salinas/marinhas.

### Introdução

Pretende-se a recuperação dunar e lagunar/transposição de sedimentos para otimização do equilíbrio hidrodinâmico, a realizar através do desassoreamento de diversos canais da ria de Aveiro, designadamente do canal de Ovar até ao Carregal, Canal de Ovar até ao Pardilhó e Canal da Murtosa (contemplando os acessos aos cais que com aqueles canais principais se relacionam), incluindo a balizagem e sinalização dos canais principais. A extensão destas intervenções abrange unicamente os troços em que se verifica a necessidade efetiva de dragagem de fundos, e onde tais fundos representem inconvenientes óbvios para a navegação local, ou seja necessário assegurar um caudal ecológico tendo em vista a preservação ambiental da Ria (Figura 1).

De acordo com o estudo “Elaboração de Cartografia Específica sobre o Risco de Inundação em Portugal” realizado pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), a Ria de Aveiro constitui uma Zona Crítica (ZC) em termos de riscos de inundação, estando sujeita a fenómenos de erosão das margens bastante intensos, com a conseqüente perda de território, com valor natural e/ou económico, sendo por isso importante contemplar ações de combate à erosão das margens e de reforço das mesmas.

Neste contexto, os objetivos da intervenção preconizada assumem um caráter claramente multifatorial, sendo de destacar os seguintes objetivos principais que se pretendem atingir:

1. Promover os usos e vivências da Ria de Aveiro, através do desenvolvimento das atividades ligadas à Ria, designadamente o turismo e o lazer, a navegabilidade e o acesso aos cais, o recreio náutico, as atividades desportivas dos clubes, a pesca e a aquicultura, etc.;
2. Realizar a transposição de sedimentos no Canal de Ovar até ao Carregal, Canal de Ovar até ao Pardilhó e Canal da Murtosa, e das ligações aos cais que confinam com estes canais, para otimização do equilíbrio hidrodinâmico na Ria de Aveiro;
3. Realizar o reforço de margens da Ria de Aveiro, em zonas de cotas baixas ameaçadas pelo avanço das águas, protegendo assim essas margens contra riscos de inundação;



4. Realizar intervenções com carácter estrutural e impacte sistémico, contribuindo para a redução da erosão e promovendo a reposição do equilíbrio na dinâmica sedimentar;
5. Contribuir para a proteção da Ria e das suas populações face a riscos, especialmente de erosão marginal e inundações fluviais;
6. Intervir com o objetivo da proteção e conservação das margens da Ria, antecipando riscos e cenários potenciados pelas alterações climáticas, através de soluções inteligentes, eficientes e resilientes de proteção e reforço de margens;
7. Promover a adaptação às alterações climáticas e a prevenção e gestão de riscos.



Figura 1. Ria de Aveiro, Portugal: Ambientalmente preservada, economicamente dinâmica e de múltiplas vivências. Fonte: Plano Estratégico (Jun/2010).

Visando a prossecução destes objetivos múltiplos, o projeto descrito no presente trabalho implementa o cenário que envolve um maior volume de dragagem. No que diz respeito à gestão dos sedimentos dragados, assegurou-se que a maior parcela dos mesmos é depositada em zonas de margem, contribuindo assim para o reforço das mesmas e para a prevenção de situações de risco e de perda de território com valor natural e/ou económico.

### Descrição das intervenções

A extensão destas intervenções abrange unicamente os troços em que se verifica a necessidade efetiva de dragagem de fundos, e onde tais fundos representem inconvenientes óbvios para a navegação local e/ou reconhecidamente seja necessário assegurar um caudal ecológico, tendo em vista a preservação ambiental da Ria.

Em traços gerais, no desenvolvimento das soluções de desassoreamento dos canais da Ria, foram tidos em conta os usos mais comuns, bem como especificidades de cada canal. Adicionalmente, na definição dos princípios orientadores das intervenções, procurou-se minimizar eventuais tendências para erosão introduzidas nomeadamente pelos múltiplos desassoreamentos realizados nas últimas décadas, designadamente na zona portuária e na barra, que tiveram como resultado principal o aumento das correntes, sobretudo das de vazante. Foi num contexto geral caracterizado por múltiplas vantagens e desvantagens, benefícios e



conflitos, oportunidades e ameaças, em relação aos vários usos e vivências existentes na vastidão da Ria de Aveiro, que se considerou que a melhor solução, para minimizar eventuais conflitos de usos, deveria ser dragar os canais da Ria à menor profundidade possível e estabelecer declives suaves, alargando deste modo as áreas de intervenção, por forma a obter transições muito suaves com as zonas adjacentes não intervencionadas

O conjunto das intervenções preconizadas obedece à preocupação de afetar apenas residualmente o equilíbrio hidrodinâmico da Ria de Aveiro. Deste modo, as configurações geralmente adotadas para as intervenções de desassoreamento dos canais procuraram o adoçamento à hidrografia de cada trecho através da adoção dos seguintes critérios:

1. Manter uma relação equilibrada entre a largura dos canais e o seu aprofundamento, de modo a evitar o estabelecimento de canais estreitos e fundos;
2. Adotar sistematicamente taludes de inclinação suave, de modo a minimizar as discontinuidades do fundo.

Após uma análise detalhada de um conjunto de cenários, onde se definiram as embarcações de projeto, em fase de Anteprojecto, foram definidos os principais objetivos individuais para cada troço a intervir, conforme apresentado de seguida e observável na Figura 2:

- Embarcações de projeto
  - Embarcações tradicionais da Ria - Bateiras e Moliceiros;
  - Embarcações Marítimo-Turísticas;
  - Embarcações de recreio náutico - Barcos à vela e a Motor;
  - Outras embarcações;
- Canal de Ovar
  - Contribuição para o trânsito sedimentar litoral;
  - Criação/reforço de motas para proteção de áreas agrícolas;
  - Proteção de terrenos marginais contra a erosão;
  - Proteção de infraestruturas rodoviárias;
- Canal de Ovar até ao Pardilhó (Largo da Coroa):
  - Proteção de terrenos marginais contra a erosão;
  - Criação/reforço de motas para proteção de áreas agrícolas;
  - Proteção de infraestruturas rodoviárias;
  - Beneficiação de áreas de sapal;
- Canais da Murtosa:
  - Reforço de faixas lagunares arenosas;
  - Proteção de infraestruturas marginais;
  - Beneficiação de áreas de sapal;
- Canais da Zona Central da Ria:
  - Reforço de motas / diques de proteção de salinas / marinhas;
  - Proteção de terrenos marginais contra a erosão;
  - Beneficiação de áreas de sapal;
- Canal de Mira:
  - Contribuição para o trânsito sedimentar litoral
  - Proteção marginal contra a erosão
  - Beneficiação de áreas de sapal
- Canais do Lago do Paraíso e Canal de Ílhavo:
  - Beneficiação de áreas de sapal;
  - Proteção de terrenos marginais contra a erosão;
  - Preenchimento de depressões.

Os canais apresentados e observáveis na Figura 2, foram agrupados em dois Lotes, o Lote 1, com os canais mais a norte e o Lote 2, com os canais mais a sul. Esta divisão pode ser observada na Tabela 1 e tem como justificação a necessidade de fasear os trabalhos de acordo com a localização dos canais de forma a agilizar o processo logístico da empreitada.

Da interação dos critérios prioritários, atrás mencionados, com os critérios de navegabilidade



associados às dimensões-tipo das embarcações, quer às de maior dimensão, quer às mais frequentes, resultam as condições gerais de navegabilidade no domínio lagunar. Os critérios adotados conduziram a uma ausência de restrições associadas às larguras dos canais, visto que as larguras preconizadas satisfazem, por excesso, as exigências que decorrem da aplicação dos critérios náuticos com base nas dimensões das embarcações, nomeadamente a sua boca. A intervenção em análise englobou uma extensão total de canais, cales e esteiros de aproximadamente 95 km. Apresentam-se de seguida a hierarquia de canais e suas características:

- Canais Principais:
  - Rastos: 25 / 30 / 40 / 50 m;
  - Cotas: -0,5 / -1,0 m(ZH);
- Cales da região central da Ria:
  - Rastos: 6 / 10 / 30 / 50 m;
  - Cotas: -0,5 / 0,0 / +0,5 m(ZH);
- Esteiros:
  - Rastos: 4 / 6 / 10 m;
  - Cotas: -0,5 / 0,0 / +0,5 m(ZH);
- Outros canais / esteiros.

A partir das definições geométricas dos canais obteve-se uma estimativa do volume total de desassoreamento (volume a dragar) de 964 916 m<sup>3</sup>. Deste volume, inicialmente estimou-se que 259 165 m<sup>3</sup> seriam destinados ao mar (cerca de 26.9% do volume dragado), pela qualidade dos sedimentos e pela proximidade dos locais a dragar à praia. Os volumes de deposição para cada Canal e consequentemente para cada Lote, podem ser consultados na Tabela 1.

Tabela 1. Destino final dos materiais dragados.

Lote 1 - Norte	Deposição nas Margens/Leito	Deposição no Mar	Total
Canal de Ovar até ao Carregal	121 327 m <sup>3</sup>	62 770 m <sup>3</sup>	184 097 m <sup>3</sup>
Canal de Ovar até ao Pardilhó	123 078 m <sup>3</sup>	0	123 078 m <sup>3</sup>
Canal da Murtosa até ao Chegado	162 883 m <sup>3</sup>	0	162 883 m <sup>3</sup>
<b>Lote 2 - Sul</b>			
Canal de Mira	60 647 m <sup>3</sup>	196 395 m <sup>3</sup>	257 042 m <sup>3</sup>
Canal de Ílhavo	168 522 m <sup>3</sup>	0	168 522 m <sup>3</sup>
Canais do Lago Paraíso	17 759 m <sup>3</sup>	0	17 759 m <sup>3</sup>
Canais da Zona Central da Ria	51 536 m <sup>3</sup>	0	51 536 m <sup>3</sup>
<b>SUB-TOTAIS</b>	<b>705 751 m<sup>3</sup></b>	<b>259 165 m<sup>3</sup></b>	<b>964 917 m<sup>3</sup></b>

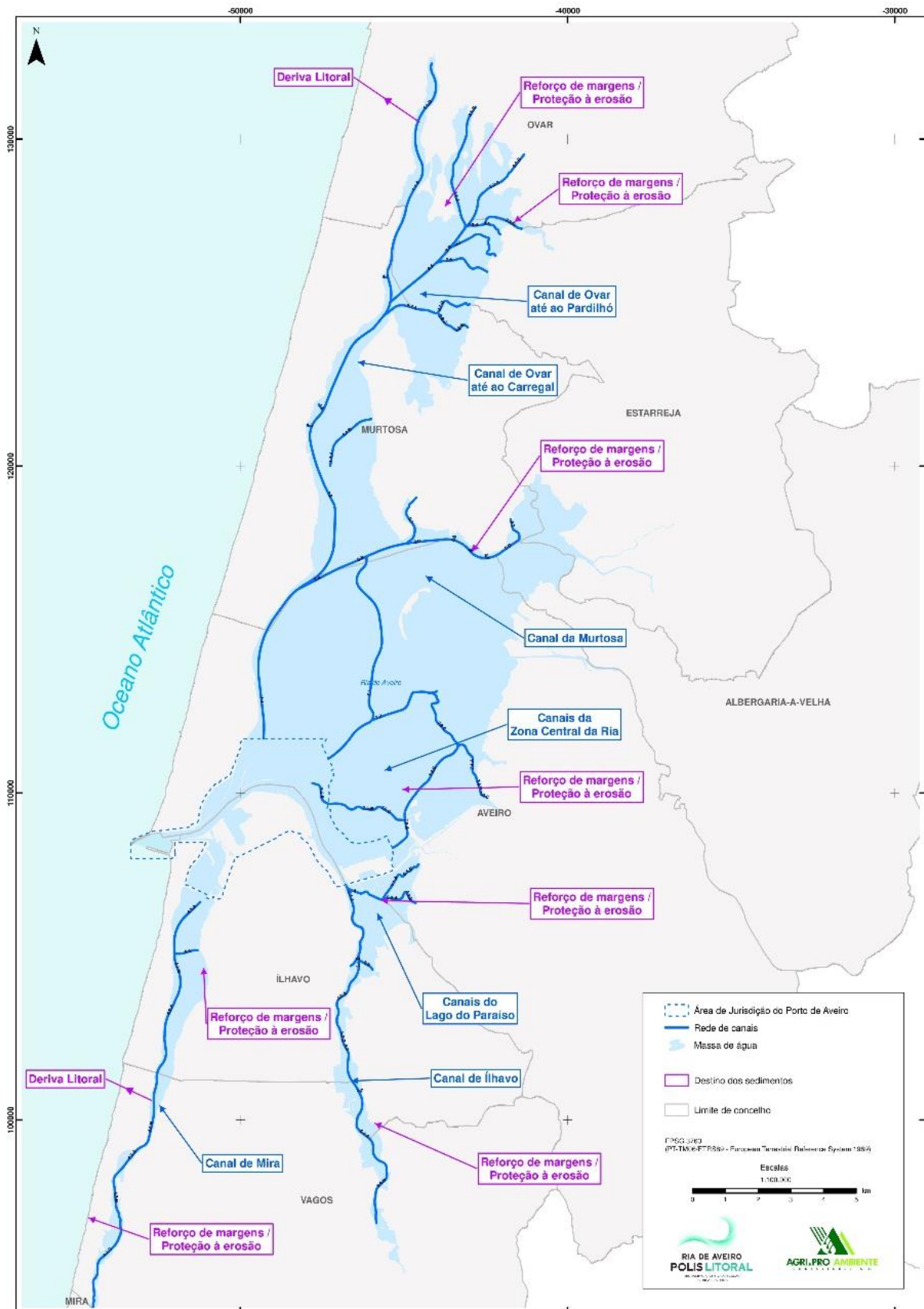


Figura 2. Localização e enquadramento da posição dos Canais.

### Impactos e modelação numérica (Anteprojecto)

Para suporte da elaboração das intervenções de desassoreamento nos canais da Ria de Aveiro, foram realizadas simulações em modelo matemático, ainda em fase de Anteprojecto. Nesta fase foram analisados dois cenários (que não serão alvo de descrição e análise neste trabalho) visando a comparação dos resultados dos dois cenários com os resultados da situação de referência.

Na implementação do novo modelo matemático da Ria de Aveiro foi utilizado o código do modelo matemático ELCIRC (Eulerian-Lagrangian CIRCulation Model, Zhang *et al.*, 2004), originário do Center for Coastal Margin Observation and Prediction, Oregon, EUA. Este modelo permite calcular a elevação da superfície livre, bem como as três componentes da velocidade da corrente. Assume as aproximações de Boussinesq e hidrostática e utiliza um sistema de coordenadas cartesianas num domínio discreto pelo método dos elementos finitos (Figura 3).

A aplicação do modelo à Ria de Aveiro e à zona costeira adjacente traduziu-se na construção de um domínio de cálculo, gerado com o auxílio da ferramenta de pré-processamento SMS (Surface-water Modeling System), tendo por base a digitalização das seguintes cartas hidrográficas publicadas pelo Instituto Hidrográfico de Portugal, bem como levantamentos topobatimétricos dos canais e áreas envolventes.

Das simulações numéricas registou-se, no que respeita os níveis característicos das marés, que a generalidade das estações de registo, nas condições simuladas não se verifica alteração significativa dos níveis de maré nem da velocidade da corrente. Contudo, em algumas estações regista-se a descida dos níveis de baixa-mar, acompanhando as cotas de dragagem e originando um aumento por vezes significativo de amplitude da maré. Os níveis de preia-mar não parecem sofrer alterações significativas. Em relação à intensidade das correntes, no geral verificam-se pequenas diferenças relativamente à situação de referência, apenas se nota um ligeiro desfasamento ou aumento da intensidade em algumas estações. Registaram-se impactos mais significativos em alguns locais como o Areão e o Cais da Pedra onde, num dos cenários se registou uma diminuição significativa da intensidade da corrente, na vazante e na enchente, tendo-se registado na Vagueira um aumento da intensidade da corrente.

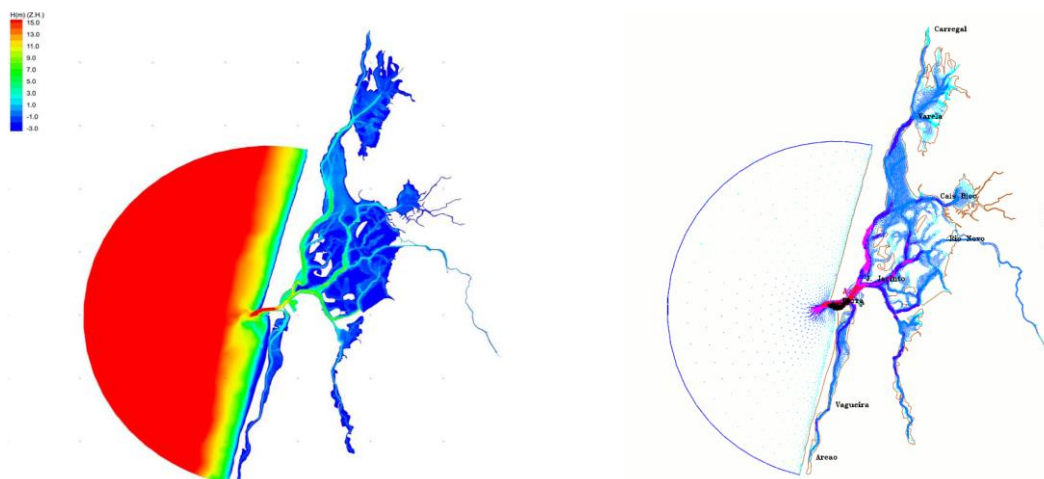


Figura 3. Ria de Aveiro: Modelo matemático da Ria (batimetria da situação de referência à esquerda, campo de velocidades à direita. Proman (Fev. 2013).

Foi possível a partir da modelação numérica inferir que, com a realização das intervenções previstas nos canais das Ria, se verificará nomeadamente o seguinte:



- Em face dos resultados obtidos não será de prever a ocorrência de alagamentos marginais;
- A diminuição dos níveis de baixa-mar contribui para o aumento do tempo de emersão de áreas de espriado, diminuindo o intervalo de tempo no qual é permitido o acesso por barco às margens e para a diminuição dos tempos de permanência da coluna de água acima de uma determinada cota, com eventuais implicações nas condições de navegabilidade;
- As alterações da hidrodinâmica decorrentes das alterações hidrográficas não são significativas na generalidade das áreas onde é preconizada a navegabilidade da Ria, pelo que a definição da cota e largura de rasto dos canais a dragar decorre essencialmente da definição das necessidades de navegação;
- A análise detalhada dos tempos de permanência da superfície livre dos níveis necessários à obtenção dos objetivos de navegabilidade indica uma melhoria muito significativa relativamente à situação atual em ambos os cenários;
- Os resultados da intensidade da corrente indicam preliminarmente que as zonas onde deverá ser avaliada a ocorrência de erosão marginal são as seguintes: Vista Alegre, Costa Nova, Vagueira, Varela, Miradouro, S. Jacinto bem como junto ao Rio Novo, no Cais da Pedra, Costa Nova, Areão, Varela, Torreira, Lota e Rio Novo.

Estas várias conclusões foram tidas em consideração na elaboração dos anteprojetos de transposição, designadamente em relação ao dimensionamento dos canais, tendo as modelações matemáticas permitido validar as geometrias adotadas em cada cenário, comparativamente a uma situação de referência, e também em relação à deposição dos sedimentos, tendo-se previsto, sempre que aplicável, propostas para fazer face a eventuais problemas potenciados pelos desassoreamentos, tais como a erosão marginal nas áreas identificadas.

### **Dragagens e depósitos**

As áreas a dragar situam-se a distâncias muito variáveis dos locais onde há a correspondente deposição dos materiais dragados, pelo que, em alguns casos, a repulsão pode ocorrer diretamente, recorrendo somente à capacidade de bombagem da draga, enquanto, noutros casos, terá de ser intercalada uma ou mais estações de bombagem complementares. Nas situações em que as distâncias de repulsão ultrapassam a capacidade de bombagem instalada nas dragas (ou seja, dragas sem potência própria para bombeamento a distâncias superiores a cerca de 2km), terão de ser utilizadas bombagens intermédias (boosters).

### **Caracterização dos sedimentos**

Como em qualquer projeto de dragagem e deposição, a seleção da solução mais adequada para o destino final dos sedimentos requer o conhecimento das suas características, quer químicas quer físicas. A SENER, no âmbito dos estudos desenvolvidos para a Ria de Aveiro, efetuou um trabalho de caracterização física, química e biológica dos sedimentos. Esse trabalho envolveu a realização de uma campanha de amostragem e análises, tendo sido recolhidas amostras em 30 pontos, 27 dos quais localizados nos canais da Ria de Aveiro e 3 na Barrinha de Mira, a diferentes profundidades.

Do ponto de vista das características químicas, os sedimentos da Ria de Aveiro pertencem à Classe 2 de contaminação (sedimentos com contaminação vestigiária), de acordo com os critérios da Portaria nº 1450/2007, de 12 de novembro. Existe somente uma zona na Ria de Aveiro, correspondente ao Largo do Laranjo (concelho de Estarreja) onde os sedimentos apresentam concentrações elevadas de mercúrio, sendo enquadrados na Classe 4 (sedimentos contaminados) e exigindo, por isso, soluções especiais em termos de destino final.

Em termos das características granulométricas, os sedimentos da Ria de Aveiro apresentam grande heterogeneidade, variando entre siltes e areias grossas. Verifica-se que os sedimentos



predominantemente arenosos ocorrem, sobretudo, no Canal de Mira, no Canal de São Jacinto, no Canal de Ovar, até aproximadamente à zona da Torreira, e depois na sua parte terminal, desde aproximadamente Torrão do Lameiro até ao Carregal, no Canal de Ílhavo, na Cale do Espinheiro (parte inicial) e Carreira de Aveiro. Os sedimentos predominantemente siltosos ocorrem principalmente na zona do Largo da Coroa, Cale de Parrachil e esteiros da região central da Ria.

### *Dragagens*

A preservação do equilíbrio hidrodinâmico da Ria de Aveiro tem uma relação direta com a manutenção da variedade de usos da Ria, tal como são postos em prática na atualidade. Tanto são de evitar aumentos dos níveis das preia-mares, como abaixamentos generalizados dos níveis das baixa-mares, assim como é de evitar o aumento da intensidade das correntes que decorre de uma regularização das fases da maré. Da interação dos aspetos referidos com os critérios de navegabilidade associados às dimensões-tipo das embarcações, quer às de maior dimensão, quer às mais frequentes, bem como às preocupações associadas às intervenções de maior magnitude, resultaram as geometrias de canal e consequentes condições gerais de navegabilidade no domínio lagunar.

Os critérios de dimensionamento dos canais e das ligações aos cais estão diretamente relacionados com a minimização das alterações que qualquer intervenção, necessariamente, irá produzir, e que são as seguintes: (1) subida dos níveis das preia-mares; (2) descida dos níveis das baixa-mares; (3) aumento das correntes de maré; (4) diminuição dos atrasos de fase, nomeadamente das baixa-mares. Complementarmente, a sua adoção contribui para reduzir as taxas de assoreamento nos locais intervencionados, prolongando a vida útil da intervenção. A aplicação do segundo critério tem como objetivo reforçar esse efeito. Por outro lado, a preservação do equilíbrio hidrodinâmico da Ria de Aveiro tem uma relação direta com a manutenção da variedade de usos da Ria, tal como são postos em prática na atualidade. Tanto são de evitar aumentos dos níveis das preia-mares, como abaixamentos generalizados dos níveis das baixa-mares, assim como é de evitar o aumento da intensidade das correntes que decorre de uma regularização das fases da maré

Os taludes dos canais foram definidos com uma inclinação de 1:5 (V:H), com cotas de dragagem dependentes da utilização do mesmo. As características gerais dos troços a dragar foram compiladas conforme o exemplo apresentado na Tabela 2.

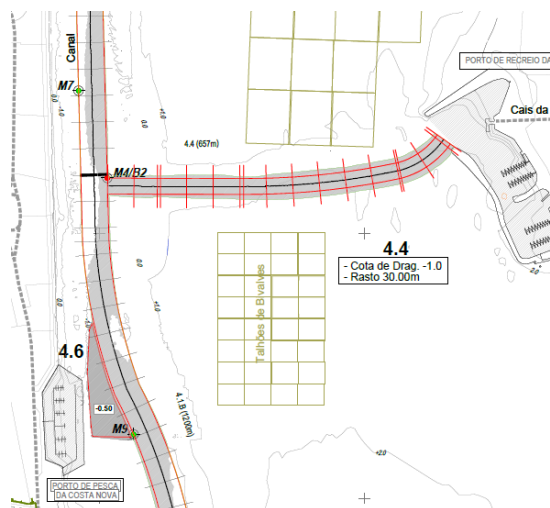
Os critérios adotados conduziram a uma ausência de restrições associadas às larguras dos canais, visto que as larguras preconizadas satisfazem, com folga que se considera adequada e justificável, as exigências que decorrem da aplicação estrita dos critérios náuticos com base nas dimensões das embarcações, nomeadamente na sua boca.

No que respeita à navegabilidade, poderá afirmar-se genericamente que, para embarcações acima das de projeto, são previsíveis restrições à navegabilidade da ordem dos 10-30% do tempo em torno da situação de baixa-mar. Por sua vez, embarcações de menor calado terão naturalmente menores restrições, ou mesmo nenhuma.

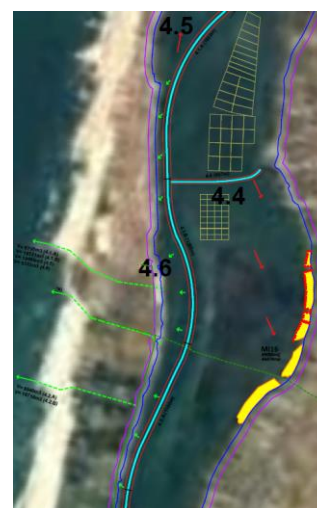
Os volumes de dragagem, bem como as áreas/manchas de dragagem, foram obtidas colocando o alinhamento do canal sobre os levantamentos batimétricos, impondo a geometria do perfil transversal dos canais. A diferença entre os planos da geometria do canal e da batimetria permitiram obter os volumes e os locais que carece de ser dragado, como se pode observar na Figura 4. A mancha a cinzento sobre o rasto do canal apresentado na Figura 4, identifica a área de dragagem para obtenção do canal pretendido. A definição dos canais e das dragagens necessárias foi influenciada por alguns condicionamentos físicos no plano de água, como: pontes rodoviárias; condutas (redes/infraestruturas) que atravessam o canal; talhões de bivaldes; e achados arqueológicos.

Tabela 2. Características da solução adotada para a transposição de sedimentos, na área do projeto, Canal de Mira.

Nº do canal	SOLUÇÃO DE DRAGAGEM		Geometria do canal				Designação dos perfis		Volumes acumulados	
	Canal	Identificação	Extensão (m)	Rasto (m)	Cota drag (mZH)	Taludes marginais (v:h)	Nr. perfil inicial	Nr. perfil final	Vol. perfil Inicial (m3)	Vol. perfil final (m3)
<b>4 - CANAL DE MIRA:</b>										
4.1.A	Mira	Da ponte da Barra à conduta AdCL (ex-SIMRIA)	1,850	50	-1.0	1:5	P1	P39	0	12,554
4.1.B	Mira	"	1,200	50	-1.0	1:5	P39	P64	12,554	29,028
4.2.A	Mira	Da conduta AdCL (ex-SIMRIA) à ponte da Vagueira	1,100	50	-0.5	1:5	P64	P88	29,028	34,974
4.2.B	Mira	"	3,730	50	-0.5	1:5	P88	P168	34,974	110,956



a) Pormenorização e apresentação da mancha de dragagem



b) Enquadramento geral

Figura 4. Vista em planta do Canal de Mira, junto à interseção do Cais da Bruxa

Para a intervenção ora projetada, o equipamento de dragagem preconizado contempla apenas dois tipos de dragas: draga de corte, sucção e repulsão (DCSR) por tubagens metálicas flutuantes e terrestres, com uma potência instalada média de 1000-1500HP, e draga anfíbia com capacidade de dragagem por balde frontal, ou de maxilas e por corte, sucção e repulsão em tubagens de PVC manuseáveis também flutuantes e terrestres, conforme a Figura 5.



a) Dragagem de corte, sucção e repulsão (IHC Beaver B50)



b) Exemplo de uma dragagem em funcionamento (Murtosa)

Figura 5. Dragagem de corte, sucção e repulsão (DCSR)

#### Configuração dos locais de deposição nas margens

Na escolha dos locais para deposição dos sedimentos estiveram subjacentes objetivos ambientais e socioeconómicos, nomeadamente os seguintes:

- Reforço/alteamento de margens/motas/diques com problemas de erosão;
- Ampliação de faixas arenosas lagunares, sujeitas a erosão;
- Reconstituição/ampliação de áreas intertidais e de sapal, nomeadamente de sapal alto, com sinais de degradação, devido à erosão das margens;
- Constituição de uma barreira de proteção das inundações de terrenos agrícolas.

A proporção água/material dragado no processo de repulsão é estimada, em percentagem, entre 80/20 e 70/30. Deste modo, uma das condicionantes que requer maior atenção na fase de execução é o retorno/refluimento ao meio hídrico de partículas finas (sedimentos silto-argilosos) durante as deposições hidráulicas. O principal problema que se coloca na deposição de sedimentos em áreas marginais da zona de intervenção é o retorno dos materiais ao leito do canal. No presente caso, há que ter em conta os fatores seguidamente enunciados, que contribuem para que este problema não ocorra:

- Os sedimentos são constituídos por siltes ou areias, os quais, com técnicas de deposição adequadas e devido ao seu próprio atrito interno, estabilizam facilmente com os seus taludes naturais;
- No caso da deposição em motas/diques já constituídos, com o objetivo de proceder ao seu reforço, os sedimentos são colocados no tardoz ou intradorso dos mesmos, com ou sem aumento da cota de coroamento.

Desta forma definiram-se soluções em madeira do estilo “paliçada”, suportada por estacas de madeira. A solução em paliçada de madeira pretende conter sedimentos com alturas de deposição variáveis entre cerca de 0,5m e 2,0m. Para tal foram definidas 3 soluções com diferentes dimensões dos prumos de madeira, para conter alturas máximas de sedimento de 1,0m, 1,5m e 2,0m (Figura 6).

A solução tipo I é definida para conter alturas máximas de sedimentos de 1,0m é formada por 7-8 fiadas sobrepostas de estacaria de madeira de pinho tratado (3,0m de comprimento e 0,15m de diâmetro), suportadas por 4 prumos de madeira, com diâmetro mínimo 0,15m, comprimento acima do solo 1,0m e cravação mínima de 3,0m. Por cada conjunto de 7-8 fiadas (elementos horizontais) deverão ser considerados 4 prumos (elementos verticais).

A solução tipo II é definida para conter alturas máximas de sedimentos de 1,5m é formada por 10-11 fiadas sobrepostas de estacaria de madeira de pinho tratado (3,0m de comprimento e 0,15m de diâmetro), suportadas por 5 prumos de madeira, com diâmetro mínimo 0,15m, comprimento acima do solo 1,5m e cravação mínima de 3,5m. Por cada conjunto de 10-11 fiadas (elementos horizontais) deverão ser considerados 5 prumos (elementos verticais).

A solução tipo III é definida para alturas máximas de 2,0m é formada por 10-11 fiadas sobrepostas de estacaria de madeira de pinho tratado (3,0m de comprimento e 0,20m de diâmetro), suportadas por 5 prumos de madeira, com diâmetro mínimo 0,20m, comprimento acima do solo 2,0m e cravação mínima de 4,0m. Por cada conjunto de 10-11 fiadas (elementos horizontais) deverão ser considerados 5 prumos (elementos verticais).

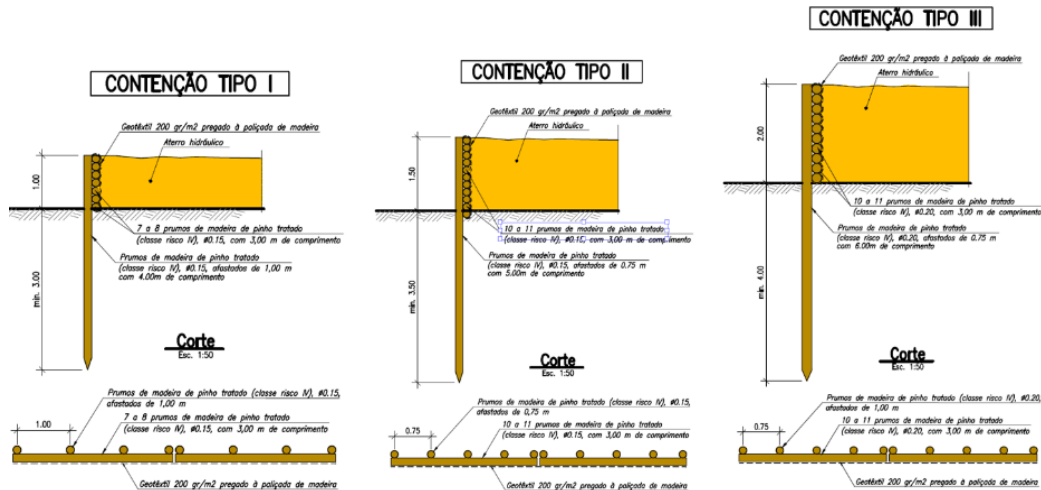


Figura 6. Tipos de contenção em paliçada de madeira.

Do lado de dentro da contenção deverá ser aplicada uma tela geotêxtil com uma gramagem mínima de 200gr/m<sup>2</sup> pregada aos prumos de madeira, esta terá a função de filtro para impedir a passagem de finos através da contenção.

As Figuras 7 e 8 apresentam um exemplo para os depósitos dos sedimentos dragados para o Canal de Mira, ou se observa que o limite exterior dos depósitos se encontra limitado pelas paliçadas de madeira, enquanto os limites interiores, junto ao terreno existente são definidos pelo terreno natural em si, a cotas mais elevadas. O depósito MI1, apresentado na Figura 9, foi um depósito colocado sobre a praia, sem recurso a nenhuma estrutura de retenção.

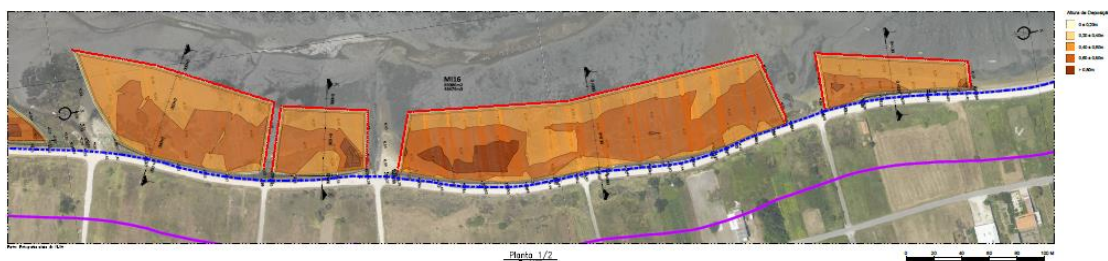


Figura 7. Áreas de depósito de sedimentos MI6, Canal de Mira, Ligeira Cais da Bruxa.



Figura 8. Exemplo de uma zona de depósito limitada por paliçadas nas duas figuras à direita

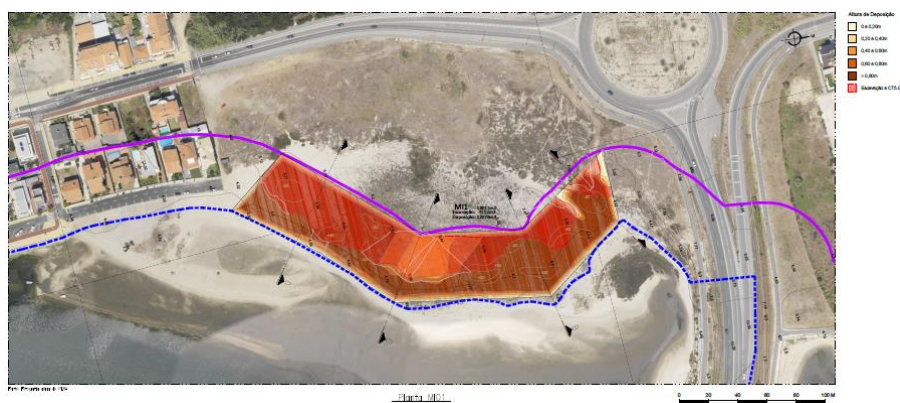


Figura 9. Áreas de depósito de sedimentos M11, Canal de Mira, Ligação Cais da Bruxa

### Balizagem e sinalização dos canais

Para a definição visual dos canais dragados, para usufruo das embarcações, foi necessário definir um conjunto de elementos de sinalização, através da implantação de marcas adequadas, que definam quais os trajetos a seguir para neles se navegar em segurança. Neste sentido, considerou-se preferível uma solução balizagem/sinalização baseada em estruturas fixas (estacas) e estruturas flutuantes (boias).

As estacas são constituídas por tubo de aço com diâmetro exterior de 200mm, espessura de parede 8mm e comprimento variável entre os 10 e os 16m, conforme a altura de água em preia-mar de águas-vivas e a profundidade da fixa no local onde for cravada.

As boias são ligeiras, cilíndricas com 80cm de altura, construídas em polietileno e com flutuador preenchido com poliuretano expandido, para que mantenham a flutuabilidade no caso de rutura do invólucro. Serão posicionadas por amarração a uma poita através de corrente de aço galvanizado de comprimento calculado em função da profundidade, equipada com destorcedores e ligação com manilhas.

### Referências Bibliográficas

Zhang, Y., Baptista, A. e Meyers, E. (2004). A cross-scale model for 3D baroclinic circulation, in Estuary-Plume-Shelf Systems: I. Formulation and skill assessment. *Continental Shelf Research*, 24, 2187-2214.