



ACESSIBILIDADES MARÍTIMAS DO PORTO DE LEIXÕES – A EXECUÇÃO DE DRAGAGEM DE SEDIMENTOS E A SUA UTILIZAÇÃO COMO REFORÇO DA DERIVA LITORAL

António Nôro; Pedro Ribeiro

noro.antonio@deme-group.com; ribeiro.pedro@deme-group.com

O Projecto

Tendo a dimensão média dos navios que procuram o Porto de Leixões crescido consideravelmente na última década, a Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo, SA (APDL) pretende com a Empreitada de Prolongamento do Quebra-mar e das Acessibilidade Marítimas do Porto de Leixões, continuar a proporcionar opções competitivas aos sistemas logísticos de carga e de passageiros que utilizam a Costa Atlântica da Península Ibérica, garantindo sempre as melhores condições de segurança e de navegabilidade no acesso ao porto e na zona de manobra dos navios.

Esta empreitada foi adjudicada pela APDL ao Consórcio constituído pelas empresas Dredging International NV (DI), Teixeira Duarte SA (TD) e Tecnovia (TEC), contemplando importantes obras de aprofundamento do Canal de Acesso e Bacia de Manobras do Porto de Leixões, respectivamente dos -15,00/-12,00 mZHL para os -16,85 mZHL e dos -12,00 mZHL para fundos a -15,50 mZHL.



Figura 1. Porto de Leixões.

Para a melhoria das acessibilidades marítimas do Porto de Leixões, foi estimado um volume de material a dragar de cerca de 3 Milhões de metros cúbicos, constituído por 60% de material rochoso e 40% sedimentos. De modo a promover a sustentabilidade do projecto, foi realizado um reaproveitamento de parte dos materiais resultantes da dragagem dos afloramentos rochosos no núcleo do novo Quebra-mar, tendo sido o restante material rochoso dragado, imerso em vazadouro marítimo a SW do Porto de Leixões juntamente com a fracção fina de sedimentos, argilas e siltes. Considerando o vector de sustentabilidade acima mencionado, a fracção de sedimentos mais grosseira, areias e cascalho dragados no Canal de Acesso do porto de Leixões, foi imersa na envolvente do Castelo do Queijo, a cotas na ordem de -4,00 mZHL. Estes sedimentos, de excelente qualidade tanto em termos ambientais como granulométricos, possuindo granulometria idêntica à existente nas praias na envolvente ao Porto de Leixões, contribuem assim para o reforço do volume de sedimentos na deriva litoral, com o intuito de abrandar assim, nesta área, o processo de erosão comum à orla costeira, transversal a todos os países.



Estes sedimentos foram submetidos tanto na fase de Estudo de Impacte Ambiental como em fase de obra a análises rigorosas, apresentado sempre resultados constantes de classificação como dragados limpos (Classe 1), garantindo assim a boa qualidade dos sedimentos para alimentação das praias da orla costeira da área metropolitana do Porto.

Orla Costeira Portuguesa

Portugal possui a 3^a maior zona económica exclusiva da União Europeia, 5.^a da Europa, e a 20.^a maior do mundo, tendo, Portugal continental, cerca de 987 km de linha de costa de grande diversidade morfológica, litológica e biológica. Estas características, altamente díspares ao longo da costa, são directamente impactadas por fenómenos físicos – as ondas, as marés, as correntes costeiras e oceânicas, o nível médio do mar e a sobrelevação meteorológica associada a efeitos sazonais e meteorológicos e os regimes de precipitação e de vento – que por consequência têm já (perspectivando-se ainda um aumento drástico nas próximas décadas) elevado impacto na vida de milhares de pessoas que habitam e fazem a sua vida nestas áreas e por conseguinte na economia nacional.

A alta energia que caracteriza a agitação marítima na costa portuguesa, apresenta valores de transporte sedimentar litoral excepcionalmente elevados. Tal, em conjugação com a diminuição do reforço sedimentar natural do litoral, resultante de várias actividades humanas nas bacias hidrográficas e na própria zona costeira, com início em meados do século XIX, é a principal causa do fenómeno de erosão que afecta o litoral baixo e arenoso de Portugal continental (cerca de 42% da sua extensão). Torna-se assim crucial a adopção de medidas e estratégias de prevenção e adaptação às consequências destes fenómenos (ver Figura 2).



Figura 2. Zonas em erosão na linha de costa de Portugal Continental.

Execução do Reforço da Deriva Litoral com Sedimentos Dragados

Os trabalhos de dragagem e imersão do material sedimentar referentes a esta empreitada, foram executados num período de 30 dias decorrendo entre 27 de Outubro e 25 de Novembro de 2021, sendo que a imersão de material sedimentar a reaproveitar no reforço da orla costeira, na área envolvente do Castelo do Queijo, decorreu entre 06 e 10 de Novembro de 2021.



Método

A dragagem do material sedimentar, foi efectuada com recurso a uma Dragagem Autotransportadora de Arrasto e Sucção (TSHD), no caso a TSHD Meuse River (Figura 3), que posteriormente transportava e efectuava a descarga dos sedimentos nas áreas designadas para o efeito.



Figura 3. TSHD Meuse River em operação no Porto de Leixões.

Para a imersão dos materiais sedimentares dragados, foram definidas 3 áreas de vazadouro (ver Figura 4), tendo em consideração as características físicas do material. Os materiais sedimentares incoerentes finos foram imersos numa área previamente licenciada a 2,26 milhas do Porto de Leixões (Área 1). Para os materiais sedimentares incoerentes grosseiros, foi preconizada a sua reutilização por imersão, também em áreas previamente licenciadas, localizadas junto ao Castelo do Queijo sendo assim reaproveitados para alimentação da deriva litoral a sul do Porto de Leixões (Áreas 2 e 3).

A imersão dos materiais sedimentares incoerentes finos, efectuada na Área 1, foi realizada por descarga livre através das portas de fundo do porão da draga. Esta técnica implica uma descarga imediata da carga que dependendo das condições marítimas e da profundidade do fundo marinho pode ser mais ou menos precisa, requerendo assim normalmente uma área de maior dimensão sem, para este tipo de material, obter uma deposição de grande precisão.



Figura 4. Identificação das áreas trabalho.



Para a imersão da fracção grosseira do material sedimentar, em que se pretendia a sua reutilização para o fim mencionado, optou-se por uma descarga através do método de canhão (*Rainbowing*) nas Áreas 2 e 3 (Figura 4).

A Descarga pelo método de *Rainbowing* é a designação dada à técnica, pela qual uma TSHD bombeia o material previamente dragado através de um bocal instalado na sua proa num grande arco, colocando esse material no local pretendido. Este método é ideal para efectuar a descarga de grandes quantidades de material dragado em locais com águas pouco profundas perto da costa onde frequentemente se encontram fundos com características rochosas, como é o caso da envolvente do Castelo do Queijo. Este método permite a deposição de material com elevada precisão sem a necessidade de mobilização de equipamento auxiliar como tubagens, pontões dispersores, estações de bombagem, entre outros.



Figura 5. Processo de descarga da TSHD Meuse River pelo método de *Rainbowing* na Área 3.

A deposição de material dragado pelo método de *Rainbowing*, pelas suas características (aproximação à costa/baixas profundidades, necessidade de precisão na deposição, condições marítimas e atmosféricas), requer a realização de vários estudos multidisciplinares de viabilidade e apoio à execução para assegurar que a operação de descarga se realiza segurança, com precisão e viável do ponto de vista da produtividade.

Características Mecânicas da Draga e as Características Físicas dos Sedimentos

Foi, ainda em fase de preparação da obra, efectuada uma avaliação das características e capacidades mecânicas da draga tendo em conta as características físicas dos sedimentos a depositar para optimização do arranjo de bombagem da draga. Estando presente um fundo marinho de características rochosas, foi assumido que a draga estava impossibilitada de efectuar encalhe propositado (*Beaching*) e que teria de manter parte da sua potência propulsora continuamente disponível para garantir o seu posicionamento, limitando assim a potência de bombagem.

Assim, com base no tipo de sedimentos a dragar/bombear, e para os bocais disponíveis para esta draga (Bocais 45° - Ø450mm, Ø550mm e Ø600mm), para os três modos de transmissão da draga (Baixa, Média e Alta), obtiveram-se as distâncias de bombagem por *Rainbowing* bem como os valores estimados de produção para cada combinação. Considerando o objectivo de maximizar a distância de bombagem, mas também manter uma produção satisfatória e garantir a capacidade de propulsão da draga por motivos de posicionamento e segurança, optou-se assim por efectuar a bombagem do material na mudança média com um bocal a 45° de 550mm de diâmetro, obtendo assim uma distância média de bombagem estimada de 67m (ver Tabela 1).

Tabela 1. Verificação da distância de bombagem pelo método de *Rainbowing* da TSHD Meuse River tendo em conta o material a dragar no Porto de Leixões.

Areia – dmf (μm)	191								
Densidade (t/m^3)	1,50								
Mudança	Baixa			Média			Alta		
Ângulo do Bocal ($^\circ$)	45								
Diâmetro do Bocal (mm)	450	550	600	450	550	600	450	550	600
Caudal (m^3/s)	3,78	4,91	5,19	4,58	6,00	6,57	5,09	6,21	6,78
Produção (m^3/h)	3 978	5 167	5 461	4 820	6 314	6 914	5 356	6 535	7 135
Dist. Rainbowing (m)	59	46	37	85	67	57	104	71	60

Batimetria

As áreas designadas às descargas para reforço da deriva litoral da empreitada em questão, como mencionado anteriormente, localizam-se a Sul do Porto de Leixões e são caracterizadas por fundos rochosos e elevada exposição marítima e de vento. Para a preparação desta actividade foram efectuados levantamentos batimétricos, que possibilitaram efectuar a cartografia dos fundos marinhos tanto da área de depósito bem como das áreas circundantes (Figura 6), servindo estes também como ferramenta para o controlo da mesma.

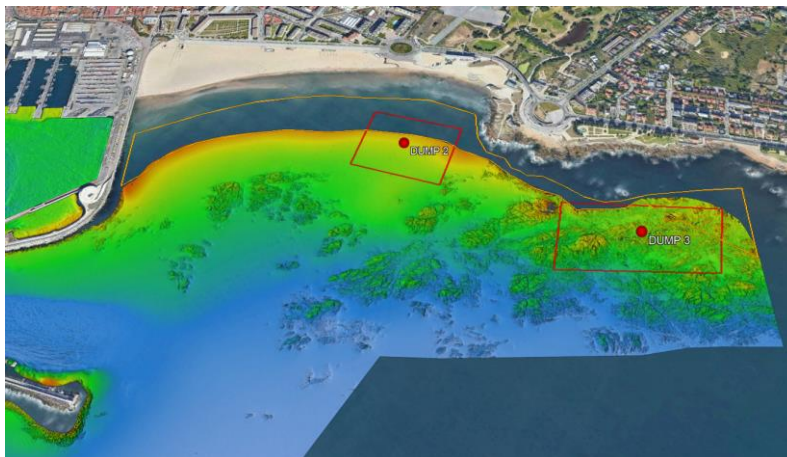


Figura 6 – Áreas de imersão de dragados 2 e 3 junto ao Castelo do Queijo.

Estes levantamentos, por si mesmos, requerem uma preparação minuciosa, pois constituem elementos de suporte à execução e controlo de toda a empreitada, tendo sido efectuadas:

- a análise e coordenação dos sistemas de referência do projecto e dos equipamentos; de processamento de dados e da draga;
- a verificação e leitura de Pontos de Controlo (Benchmarks) existentes no local;
- a instalação de uma base RTK-GNSS para o envio de correcções GNSS por UHF para as unidades instaladas/usadas, para que estas processem as informações de correcção recebidas e calculem sua exacta posição;
- a instalação de um marégrafo integrado na rede de referência nacional para a medição do nível exacto das marés de acordo com o Datum cartográfico local (ZHL) e envio desses valores reais da maré por UHF para os receptores de maré instalados a bordo das embarcações do projecto;

- preparação das embarcações de apoio à batimetria (instalação das Ecosondas Multifeixe (MBES) e Monofeixe (SBES), execução da calibração das ecosondas – *Patch Test, Bar-check*, tempo de latência, Perfil de velocidade do Som SVP – e instalação e calibração de sensor de movimento);

Após a recolha e processamento destes dados, foram elaboradas plantas batimétricas para apoio à preparação e controlo da actividade por parte da equipa técnica tendo sido estes dados também inseridos no software de navegação e dragagem/deposição a bordo da draga (*DTPS – Dredging Track Presentation System*), para apoio à execução das actividades (zonas de posicionamento da draga), como se pode ver na Figura 7. De mencionar que para o controlo desta actividade, foram efectuados com regularidade levantamentos barimétricos de progresso, também estes processados e inseridos no software da draga.

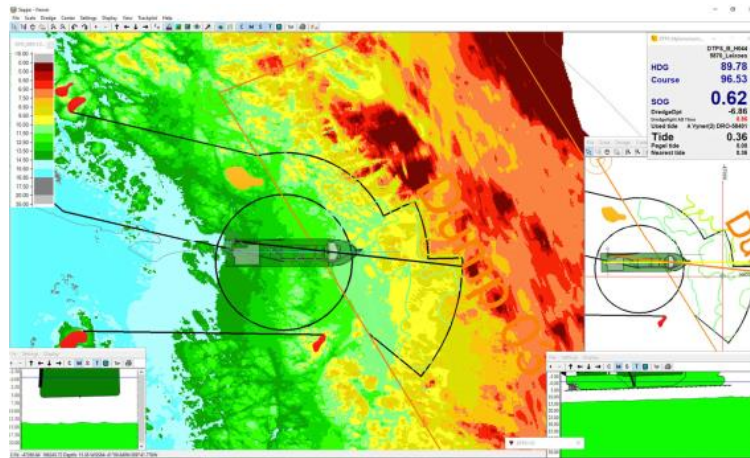


Figura 7 – Screenshot do DTPS da TSHD Meuse River durante uma viagem de deposição de material dragado na Áreas de imersão 3.

Modelo de Agitação Marítima

Através de informação histórica sobre a agitação marítima e dos regimes de vento do local de imersão, dos levantamentos batimétricos efectuados e juntamente com os dados obtidos por uma bóia ondógrafo instalada no local para correlação com estes modelos e leituras em tempo real – mais tarde utilizada numa ferramenta de apoio para verificação dos limites de trabalhabilidade da draga (o software *WoTo – Workability Tool*) – desenvolveu-se um modelo SWAN (*Simulating Waves Nearshore*), para a obtenção de estimativas dos parâmetros espectrais da agitação marítima em áreas costeiras. Conceptualmente, o um modelo SWAN, é um modelo de geração, propagação e dissipação da agitação marítima, baseado na equação de conservação da acção da onda, por forma a obter valores para a altura significativa, período e direcções espectrais.

Neste estudo foi também aplicado um modelo de difracção de ondas, não sendo estes efeitos considerados no modelo SWAN, para avaliação do impacto tanto do quebra-mar existente como da sua extensão, em áreas de interesse específicas. Este modelo de difracção utiliza uma solução analítica, com base em diagramas de *Wiegel*, que permitiu aferir a energia das ondas impactadas pelo quebra-mar e posteriormente usar esses dados no modelo SWAN. Este modelo SWAN permitiu por fim verificar que a direcção das ondas no local é predominante de Oeste, fazendo com que nem todos os locais de interesse em estudo, como era o caso das áreas de imersão de dragados por *Rainbowing*, beneficiassem da mesma protecção dada pelo quebra-mar do porto de Leixões. Por exemplo, a Área de Imersão 3, era a área que menos beneficiava dessa protecção, sendo muito limitada a diminuição da altura significativa da onda nesse local (ver Figura 8).

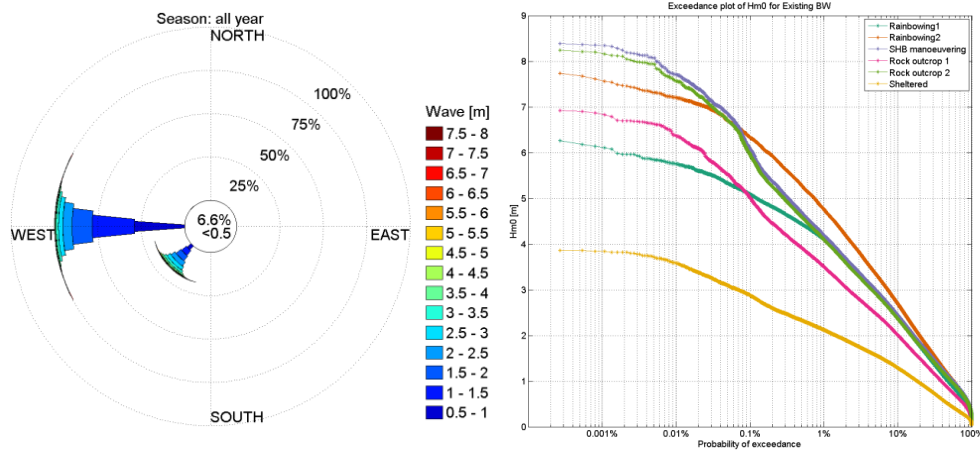


Figura 8 – Esquerda: Wave Rose obtida pelo modelo SWAN indicando a direcção dominante e Altura Significativa da onda (Hs). Direita: Gráfico representativo da Altura Significativa da onda (Hs) nos locais de interesse tendo em conta o efeito do quebra-mar actual do Porto de Leixões.

Análise do Comportamento Dinâmico da Draga

O objectivo final da execução de uma análise do comportamento dinâmico da draga, para este caso concreto, consistiu na obtenção do valor mínimo de Pé de Piloto, valor de segurança sobre a quilha da embarcação (*UKC – Under Keel Clearance*), da draga, por forma a garantir a segurança da embarcação durante a operação de descarga por *Rainbowing* nas áreas designadas. Esta avaliação é feita, primeiramente, com base nas características físicas da embarcação, desenvolvendo-se um modelo digital da mesma para obtenção dos operadores de amplitude de resposta (RAO's) para os movimentos de *Roll*, *Heave* e *Pitch*, e em seguida, com base em pressupostos como as condições de carga da draga, Período de Pico da onda (T_p), Altura Significativa da onda (Hs) e direcção da onda. Feita a análise para cada condição de carga da draga, obtém-se, para cada valor de altura significativa da onda assumida, o valor de Pé de Piloto em ordem ao Período de Pico da onda (Figura 9).

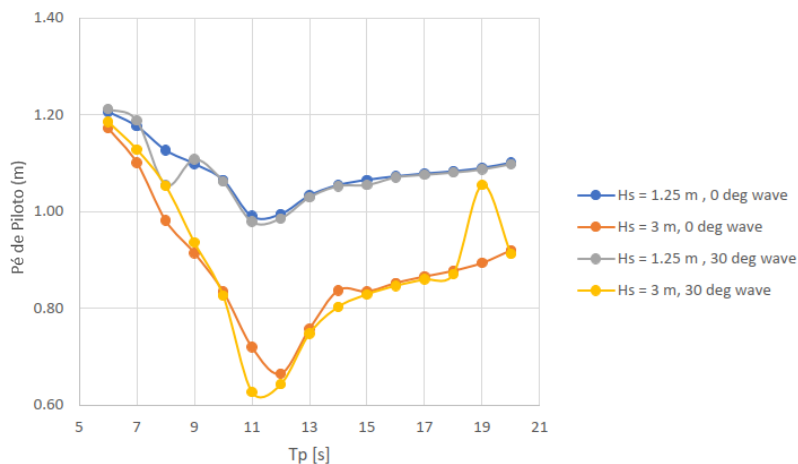


Figura 9 – Representação gráfica do valor de Pé de Piloto, para a condição de draga cheia e direcções de onda mais desfavoráveis, tendo em conta T_p e Hs.

Cruzando esta informação com os levantamentos batimétricos efectuados e com o modelo de agitação marítima desenvolvido, foi então possível determinar as áreas admissíveis para posicionamento da draga (Figura 10), para as condições de Baixa-mar e Preia-mar, tendo em conta as condições de carga da draga (com impacto directo no calado da mesma).

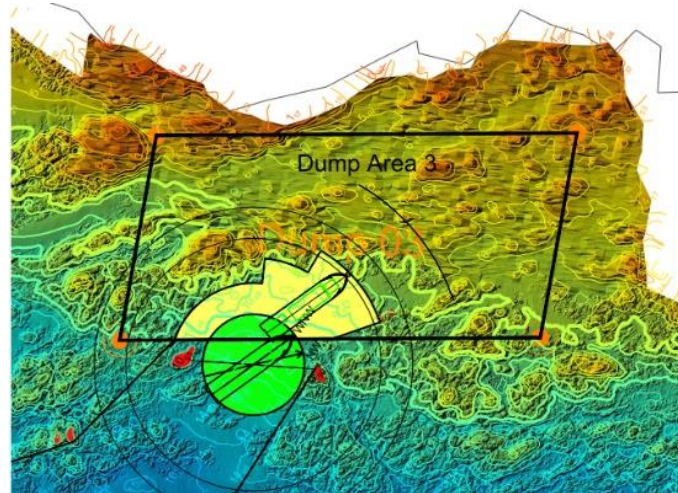


Figura 10 – Definição das áreas admissíveis para posicionamento da draga (Verde – Baixa-mar / Amarelo – Preia-mar).

Ferramenta de Apoio à Decisão WoTo

Para fornecer o melhor apoio à tripulação da embarcação na decisão em tempo real da exequibilidade da operação de imersão de sedimentos por *Rainbowing*, os estudos e as atividades acima mencionados, forneceram informação essencial na preparação de uma ferramenta de apoio para verificação dos limites de trabalhabilidade da draga (o software *WoTo* – *Workability Tool*).

Esta ferramenta cruza toda a informação previamente adquirida (modelo de agitação marítima e de vento, comportamento dinâmico da draga, previsões meteorológicas e de marés) com informação adquirida em tempo real (nível de maré, ondulação) possibilitando identificar os locais e momentos ideais para a embarcação, durante as descargas, para o arranjo de bombagem de sedimentos ideal. Obteve-se assim uma ferramenta de simples visualização (Figura 11) para a combinação de diferentes variáveis mais ou menos complexas, por forma a efectuar descargas precisas no local designado para o efeito, garantindo sempre a segurança da tripulação e embarcação.

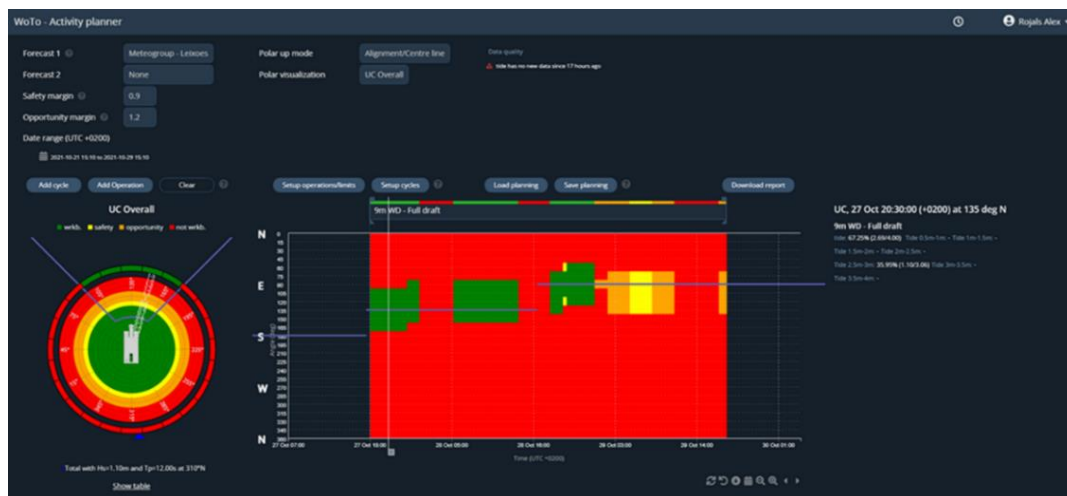


Figura 11 – Exemplo de visualização na ferramenta WoTo a bordo da TSHD Meuse River.



Análise de Produtividade

Do ponto de vista da produtividade, com a informação adquirida, tornou-se ainda possível efectuar uma avaliação da produção estimada para a actividade 'Dragagem/Deposição por *Rainbowing*' tendo em conta:

1. o tipo de material *in-situ*, que juntamente com as características técnicas da draga fornecem informação para o cálculo da produtividade de sucção da draga e sobre o rendimento óptimo e distância de bombagem;
2. a batimetria dos fundos das áreas de imersão do material dragado em conjunto com os estudos no âmbito da agitação marítima e meteorologia (que quando cruzados com os estudos da distância de bombagem possibilitam desta forma definir o melhor posicionamento descarga por *Rainbowing*).

Esta avaliação foi feita para vários níveis de carga no porão da draga para condições de preia-mar e baixa-mar. Assim, para a TSHD Meuse River e para a execução de descarga por *Rainbowing* na área de imersão 3, tendo em conta as condições/características locais, tornou-se claro que o valor óptimo de produção era encontrado em condições de preia-mar com 100% da carga e que esta draga apenas apresentava limitações de carga em condições de baixa-mar que implicava a redução da carga dragada em porão em 94% (ver Tabela 2).

Tabela 2. Avaliação da produtividade da TSHD Meuse River, para diferentes níveis de carga e condições de maré.

Draga	Maré	Carga em Porão (%)	Produção (m ³ /semana)
TSHD Meuse River	Preia-mar	100	230.000 a 240.000
	Baixa-mar	94	220.000 a 230.000

Existindo nesta empreitada distintas áreas a dragar compostas por diferentes tipos de material, esta informação possibilitava definir as melhores janelas temporais para a dragagem do material sedimentar mais grosseiro e por consequência imersão por *Rainbowing*. No entanto, por avaliação das previsões meteorológicas e de agitação marítima à data, optou-se por efectuar esta actividade em contínuo assumindo as limitações produtivas verificadas.

Determinação da Elegibilidade do Material Dragado

A verificação e determinação da elegibilidade do material dragado para ser utilizado como reforço da orla litoral a sul do Porto de Leixões, verificando que se tratava de materiais sedimentares incoerentes grosseiros (areias), foi efectuada a bordo da draga através da amostragem do material dragado em porão e identificação do material efectuada pela tripulação, pelo método de inspecção visual com base nos critérios descritos na norma BS5930:2015 "*The Code of Practice for Site Investigations*".

A amostragem do material a bordo do porão da draga foi efectuada em três localizações distintas do porão, frente, meio e traseira do porão, duas amostras por posição num total de seis amostras por viagem, que foram então armazenadas e transportadas para terra. Para efectuar a recolha destas amostras foi utilizado um amostrador do tipo *Van Veen* (ver Figura 12) de 2 dm³ e seguido o esquema de amostragem apresentado na figura abaixo. Este amostrador é frequentemente utilizado para este efeito pois devido ao seu método de funcionamento permite a amostragem do material no porão da draga sem requerer acesso ao interior desta (acesso este interdito).

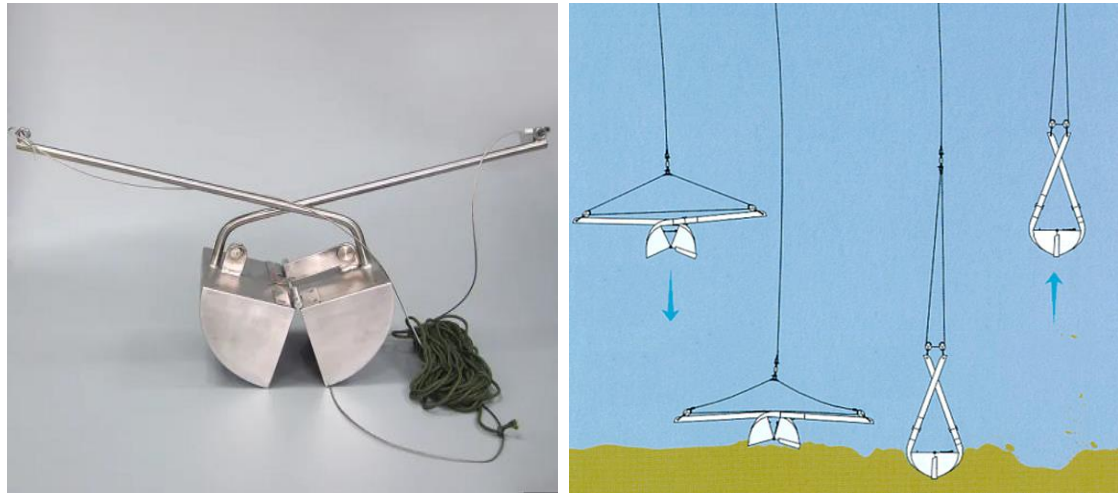


Figura 12 – Amostrador Van Veen e esquema de amostragem.

Estas amostras foram então divididas em 6 conjuntos tendo sido dois conjuntos fornecidos às entidades Contratante e Fiscalizadora da Empreitada e os restantes enviados para laboratório para serem analisadas. O conjunto de ensaios seleccionado teve por base, os ensaios realizados em fase de Estudo de Impacte Ambiental (EIA) da empreitada, nomeadamente:

- Análise granulométrica – Método da peneiração (NP EN 933-1:2014)
- Ensaios de caracterização química para Arsénio, Cádmiio, Chumbo, Cobre, Crómio, Zinco, Níquel, Mercúrio (CSN EN ISO 11885, CSN EN 15410, CSN EN 15411);
- SVOC-Compostos orgânicos semi-voláteis (Incluí os ensaios PCB, PAH e HCB);
- COT-Carbono Orgânico Total (COT).

Na Figura 13, abaixo, apresenta-se a curva de distribuição granulométrica média para o conjunto de amostras testado. Com base no gráfico abaixo, é possível observar que a percentagem de finos (passados no peneiro 0,063 mm) é bastante reduzida, cerca de 3,6% e que cerca de 90% do material se encontra entre as granulometrias 0,125 mm e 0,500 mm, correspondendo a uma areia fina.

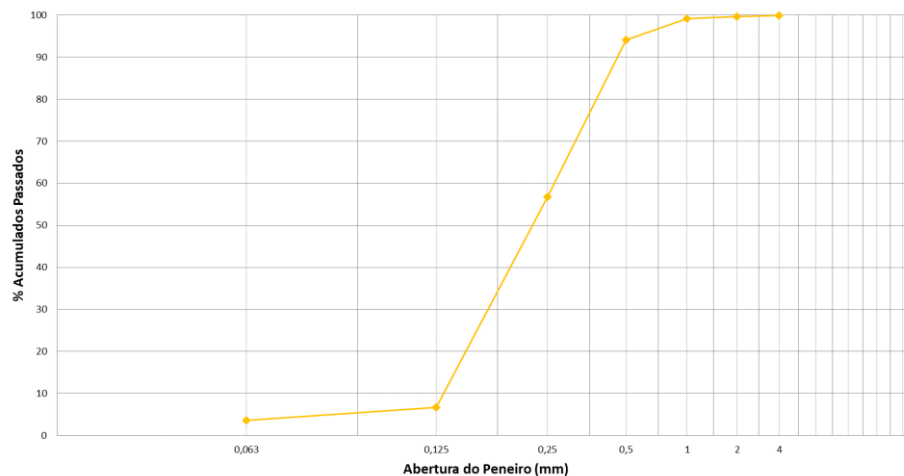


Figura 13 – Curva de distribuição granulométrica média para o conjunto de amostras testado.



A classificação do material dragado com base nas análises de caracterização química efectuadas às amostras recolhidas, quanto ao seu grau de contaminação para metais e compostos orgânicos de acordo com a Portaria n.º 1450/2007 de 12 de Novembro de 2007, confirmou uma vez mais a excelente qualidade das areias dragadas, verificando-se que todas as amostras analisadas foram classificadas como “Classe 1 - Material dragado limpo”. Esta classificação confirma a possibilidade de imersão deste material no meio aquático ou reposto em locais sujeitos a erosão ou utilizado para alimentação de praias sem normas restritivas conforme previsto no EIA/DIA da empreitada. Os resultados das análises laboratoriais efectuadas foram divulgados publicamente de acordo com sentido de transparência para com os cidadãos.



Figura 14 – Areia a bordo do porão da TSHD Meuse River posteriormente imersa na Área de Imersão 3 pelo método de *Rainbowing*.

Considerações Finais

Portugal é um dos países mais afectados pela erosão costeira do mundo, um fenómeno impactado também pelas alterações climáticas (ainda que não a sua causa principal). No âmbito do “Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental” (COSMO), realizado pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), o país perdeu cerca de 1313 hectares de território costeiro, no espaço de 62 anos, entre 1958 e 2020. Ao longo dos últimos anos várias entidades públicas e privadas, procuram debruçar-se sobre o assunto, mas também a incentivar outras entidades para a educação, sensibilização e monitorização desta problemática, por meio de medidas concretas de mitigação e adaptação, grupos de estudo, programas e até mesmo legislação.

A dragagem de um porto ou de um rio ou do seu estuário, localizado junto a portos comerciais, está normalmente associada à necessidade de garantir a navegabilidade e segurança das embarcações que diariamente frequentam esse porto, sendo por vezes uma condição necessária à operacionalidade do próprio porto devido aos elevados níveis de sedimentação que provocam o assoreamento dessas áreas. Adicionalmente, existe também a necessidade de criar condições de acesso e recepção de navios de maiores dimensões por forma a garantir a competitividade e, por conseguinte, a viabilidade financeira do porto em questão. As dragagens poderão também, no entanto, contribuir para o processo de protecção da erosão das orlas costeiras pelo défice sedimentar criado. Torna-se assim necessário, que os governos e as suas entidades que garantem a implementação das políticas ambientais, as entidades de administração portuária e entidades projectistas, aquando da definição de um projecto de construção de novas infra-estruturas portuárias ou de manutenção das existentes, efectuem uma caracterização pormenorizada dos sedimentos a dragar e garantam que os sedimentos com características físico-químicas válidas para o reforço da orla costeira, sejam imersos em áreas que beneficiem esse fim.



Foi este um dos compromissos da APA, da APDL e da entidade projectista, para o domínio da sustentabilidade das actividades de dragagem, no âmbito da “Empreitada de Prolongamento do Quebra-mar e das Acessibilidade Marítimas do Porto de Leixões”, em que foi garantido que a totalidade de sedimentos incoerentes de características mais grosseiras (areias) dragados, fosse depositada/imersa na envolvente do Castelo do Queijo como meio de reforço indirecto das praias adjacentes ao Porto de Leixões.

No que concerne à execução, e conforme foi demonstrado ao longo deste documento, a DEME como empresa internacionalmente reconhecida pela competência e experiência neste género de trabalhos mobilizou todos os recursos humanos à sua disposição através da criação de uma equipa multidisciplinar, encabeçada pelos técnicos em obra, e composta por especialistas de várias áreas para a realização de estudos pormenorizados no seu campo de actuação. Em termos materiais, a DEME fez questão de garantir a mobilização de equipamentos altamente especializados equipados com as mais recentes tecnologias e actuando sempre com os mais elevados padrões de segurança da indústria. Também a partilha de conhecimentos e de experiências, bem como toda a cooperação e suporte durante a preparação e realização das operações de dragagem e imersão de dragados proporcionada ao longo da empreitada pela APDL, em especial pela sua Direcção Operações Portuárias e Segurança (DOPS), permitiu que a operação fosse realizada sem qualquer incidente ou impacto na operação portuária

Pela união de todos estes factores foi assim garantido êxito da operação, tanto no ponto de vista da execução – com dragagem e descargas optimizadas, precisas e seguras – como do ponto de vista da sustentabilidade ambiental da empreitada e das responsabilidades económico-sociais das instituições envolvidas.

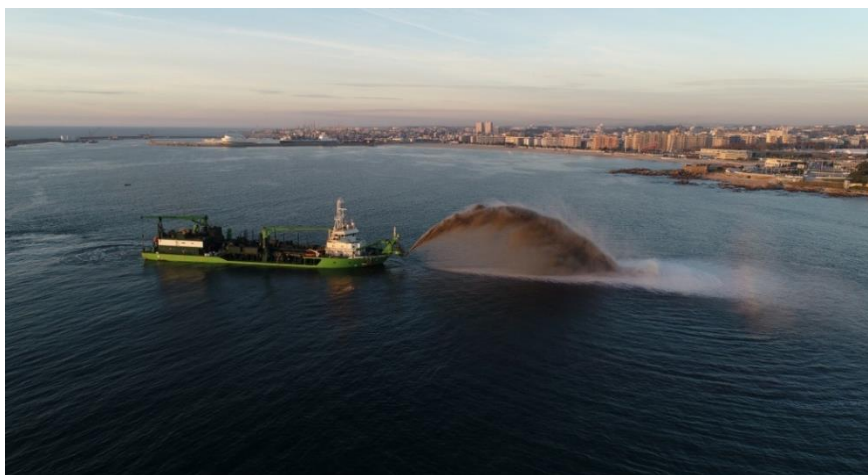


Figura 15. Imersão de sedimentos pela TSHD Meuse River pelo método de *Rainbowing* na envolvente do Castelo do Queijo.

Referências Bibliográficas

- Santos F.D., Lopes, A., Moniz, G., Ramos, L., Taborda, R. (2014). “Gestão da Zona Costeira - O Desafio da Mudança”. Sumário Executivo e Recomendações - Grupo de Trabalho do Litoral.
- Magalhães F., (2018). “Intervenções de Defesa Costeira – Balanço e Perspectivas Futuras”. Departamento do Litoral e Protecção Costeira, Agência Portuguesa do Ambiente.
- IPMA, (2018). Directiva-quadro “Estratégia Marinha, Descritor 7 – Condições hidrográficas, Relatório do segundo ciclo de avaliação do bom estado ambiental das águas marinhas nas subdivisões do Continente e da Plataforma Continental Estendida”
- Lima, M., Alves, F., Marto, M., Coelho, C. (2021). “Medidas de mitigação e adaptação à erosão costeira e aos efeitos das alterações climáticas”. Projecto INCCA – “Adaptação Integrada às Alterações Climáticas para Comunidades Resilientes”, POCI-01-0145-FEDER-030842