

DRAGAGENS À ENTRADA DO PORTO DE LEIXÕES
APROVEITAMENTO DAS AREIAS NA ALIMENTAÇÃO DAS PRAIAS A SUL

I. Mota Oliveira
(*Instituto Superior Técnico; HP*)

F. Veloso Gomes
(*Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos-FEUP*)

E. Brogueira Dias
(*Administração dos Portos do Douro e Leixões*)

M. J. Amaral Coutinho
(*Administração dos Portos do Douro e Leixões*)

RESUMO

Tradicionalmente, os produtos das dragagens de manutenção do porto de Leixões eram rejeitados numa zona a cerca de 2 MM para fora do molhe exterior. No início da década de noventa a APDL passou a considerar a alternativa de utilizar na alimentação das praias a sul (Castelo do Queijo - Foz do Douro) as areias resultantes da manutenção da bacia do Posto A, à entrada do porto. Com esse objectivo promoveu um conjunto de estudos com vista ao esclarecimento de algumas questões fundamentais, nomeadamente sobre: a qualidade das areias; o risco do seu retorno ao local de dragagem; os métodos mais recomendáveis para a operação de dragagem-alimentação. Aspecto fundamental deste estudo foi, por isso, o da caracterização da circulação aluvionar na "célula" em que as praias a alimentar se integram. Complementarmente, foi analisado o processo de assoreamento da bacia do Posto A e foram propostas soluções alternativas para melhoria das suas condições de manutenção.

1 – INTRODUÇÃO

A manutenção por dragagem do acesso marítimo ao porto de Leixões tem sido uma constante, praticamente desde a conclusão da sua primeira fase em finais do século passado (construção dos molhes exteriores). Os valores médios anuais do esforço de dragagem têm oscilado entre uma e duas centenas de milhar de metros cúbicos, aparentemente com tendência decrescente, como se pode inferir da estatística apresentada no Quadro 1.

Importará desde já adiantar que, à luz do que se sabe hoje sobre a dinâmica litoral da costa norte portuguesa, nomeadamente sobre o sentido dominante do transporte sedimentar e respectivas fontes, nem a necessidade de manutenção permanente nem a sua eventual tendência decrescente deverão surpreender.

Tradicionalmente, a principal preocupação da Administração dos Portos do Douro e Leixões (APDL) face aos produtos de dragagem era libertar-se deles pelo menor custo, e daí a sua deposição em zona afastada, em profundidades tais que garantissem o não retorno à zona de entrada do porto.

Quadro 1– DRAGAGENS À ENTRADA DO PORTO DE LEIXÕES

Período	Intervalo (anos)	Volume médio anual (m ³ /ano)
1913-39	27	156 000
1953-68	16	156 700
1969-74	6	303 900
1975-80	6	204 900
1981-86	6	116 200
1987-92	6	112 200

O resultado da construção dos molhes exteriores e da política de rejeição dos dragados (prática corrente por todo o lado durante muitos anos) foi a redução da alimentação sedimentar da costa a sotamar (a sul).

Em particular, para o trecho *Leixões – foz do Douro* o resultado foi mesmo a anulação da alimentação sedimentar, já que a única *fonte* de que dispunha era a costa a norte. Praias de elevado valor paisagístico e balnear, de que é exemplo a antiga Praia Internacional imediatamente a norte do promontório do Castelo do Queijo, emagreceram drasticamente e foram perdidas para a prática balnear – Figura 1.

Recentemente (1992), e na linha de pensamento que ganhou força nos últimos anos, também a APDL passou a encarar os produtos de dragagem como um recurso natural que não deve ser desperdiçado, contanto que as suas características se adequem à utilização que se lhe queira dar. Em concreto, decidiu esta Administração aplicar os produtos de dragagem na alimentação artificial do trecho a sul, com benefício esperado, antes de mais, para as praias da zona do Castelo do Queijo e da Foz. Um conjunto de interrogações-preocupações se punham à partida:

- Terão as areias dragadas à entrada do porto de Leixões qualidade adequada à sua aplicação directa sobre as praias?
- Qual o risco de retorno desta areias à entrada do porto?
- Quais as metodologias de dragagem-deposição mais aconselháveis para apressar os impactes esperados sobre as praias alimentadas, sem obviamente perder de vista os aspectos económicos da operação?

Para responder a estas e outras questões, em princípio de 1993 a Administração dos Portos do Douro e Leixões (APDL) encarregou a Hidrotécnica Portuguesa (HP) de, em colaboração com o Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos (IHRH), levar a cabo um conjunto de estudos, em que se incluía:

- a elaboração do Processo Público Internacional para uma empreitada de dragagens de manutenção do **Posto A** do Terminal Petrolífero de Leixões (TPL) no período 1993/97, com aproveitamento das areias dragadas na alimentação das praias a sul;
- a análise das repercussões da operação de alimentação artificial das praias, com intervenção ou não de uma obra transversal de retenção sedimentar a norte do Castelo do Queijo;
- a elaboração, e o seguimento da execução, de um programa para a caracterização da circulação aluvionar na área do porto de Leixões, mais especificamente na zona Molhe Exterior-Molhe Sul-Castelo do Queijo.

Mais tarde, foram ainda incluídas no âmbito dos trabalhos as seguintes tarefas:

- a análise do processo de assoreamento da bacia do **Posto A**;
- o estudo, a nível preliminar, de medidas alternativas destinadas a reduzir os custos do trabalho de manutenção da referida bacia, nomeadamente por redução do afluxo sedimentar que provoca o seu assoreamento.

É deste conjunto de trabalhos que a seguir se apresentam os aspectos mais relevantes.



a) – Praia Internacional no canto inferior direito.



b) – Praia Internacional (1993), a norte do promontório do Castelo do Queijo

Figura 1 – Localização da Praia Internacional na Zona de Influência Próxima do Porto de Leixões.

2 – SOBRE A QUALIDADE DOS SEDIMENTOS

Nos dias 8 e 9 de Setembro de 1993, realizou-se uma campanha de recolha de sedimentos em diversos locais do porto de Leixões e praias adjacentes especialmente com vista à detecção de metais pesados.

As colheitas foram efectuadas pela Administração dos Portos do Douro e Leixões (APDL). A sua realização insere-se no "Programa de Acompanhamento da Operação de Dragagem". Neste Programa considera-se a necessidade de "controlo da qualidade do material dragado", nomeadamente através da "detecção da presença de metais pesados nos sedimentos em quantidades superiores às consideradas como referência para sedimentos de qualidade aceitável" o que, a verificar-se, "interditaria a utilização dos produtos dragados na alimentação das praias".

No referido Programa foi fixada a "situação de referência de qualidade aceitável" e "valores limites", admitindo-se a hipótese de fixar posteriormente valores mais restritivos por razões fundamentadas. Realça-se que o Despacho Conjunto do MARN / MM sobre a classificação de materiais dragados, de 4/4/95, ainda não havia sido publicado.

As análises de detecção de metais pesados foram efectuadas pelo CIEB do Instituto Nacional de Engenharia Biomédica, sito na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Aquela instituição apresentou à APDL um relatório contendo:

- a técnica de preparação das soluções e de determinação dos elementos metálicos (utilizando um equipamento recente de absorção atómica de chuva);
- a data e os pontos de colheita das amostras;
- os teores em Cádmiu, Zinco, Chumbo, Crómio, Níquel, Cobalto, Cobre.

Da análise dos resultados desse relatório pode-se concluir:

Os teores em metais pesados detectados nas colheitas efectuadas no porão da draga em actividade junto do terminal petrolero, na praia de Leça, na doca 2 e na praia de Matosinhos são:

- da mesma ordem de grandeza;
- pouco superiores aos detectados na campanha de 22 de Julho de 1987, no fundo do mar, três milhas ao largo;
- compatíveis com os valores limites fixados.

Porém, os teores de metais pesados nos fundos da doca 4, perto da foz do rio Leça, cerca de 0,5 m abaixo da superfície dos fundos, são incompatíveis com qualquer utilização para alimentação artificial.

Concluiu-se que os sedimentos na área onde decorrem as dragagens de manutenção poderiam ser utilizados na alimentação da praia de Matosinhos, já que para além de não evidenciarem a presença de metais pesados, apresentavam uma qualidade que poderia classificá-los como "material dragado limpo".

A APDL tem mantido até à presente data um programa de monitorização da qualidade dos sedimentos dos produtos dragados.

3 – O PROJECTO DE DRAGAGEM

3.1 – DRAGAGEM DA BACIA DO POSTO A

O projecto, concluído em Abril de 1993, visava a dragagem da bacia do Posto A, mas em moldes distintos, pelo menos em dois aspectos, dos de todas as dragagens anteriores:

- as areias dragadas seriam utilizadas na alimentação artificial das praias adjacentes ao Castelo do Queijo, podendo ser aplicadas quer na parte emersa quer na faixa submersa contígua; em fase de Concurso, caberia aos concorrentes propor diferentes tecnologias visando qualquer daquelas duas alternativas, obviamente com diferentes preços unitários;

- a empreitada respeitava a um período de 5 anos, ou seja, o dragador adjudicatário obrigava-se a fazer a manutenção anual da bacia do Posto A, sendo-lhe garantido um volume mínimo anual de 100 000 m³.

Além das dragagens anuais de manutenção, previa-se a necessidade de dragagens de emergência, face a situações de rápido assoreamento resultantes de ocorrências anormais de agitação marítima. O adjudicatário obrigava-se a intervir rapidamente (num prazo de 15 dias), sendo-lhe garantido um volume mínimo de 30 000 m³ por cada intervenção deste tipo.

Refira-se que o projecto atribuía à primeira das 5 operações anuais de dragagem o carácter de operação piloto. Ou seja, não se excluía à partida a hipótese de os produtos das dragagens anuais posteriores à primeira virem a ser rejeitados no todo ou em parte para a zona de deposição "tradicional", e isto por diferentes razões possíveis: qualidade das areias, dificuldades inesperadas na operação de alimentação, etc.

A área de trabalho é definida na Figura 2, na qual foram salientadas a zona de dragagem (bacia do Posto A) e as duas zonas de deposição previstas, imediatamente a norte e a sul do Castelo do Queijo, respectivamente.

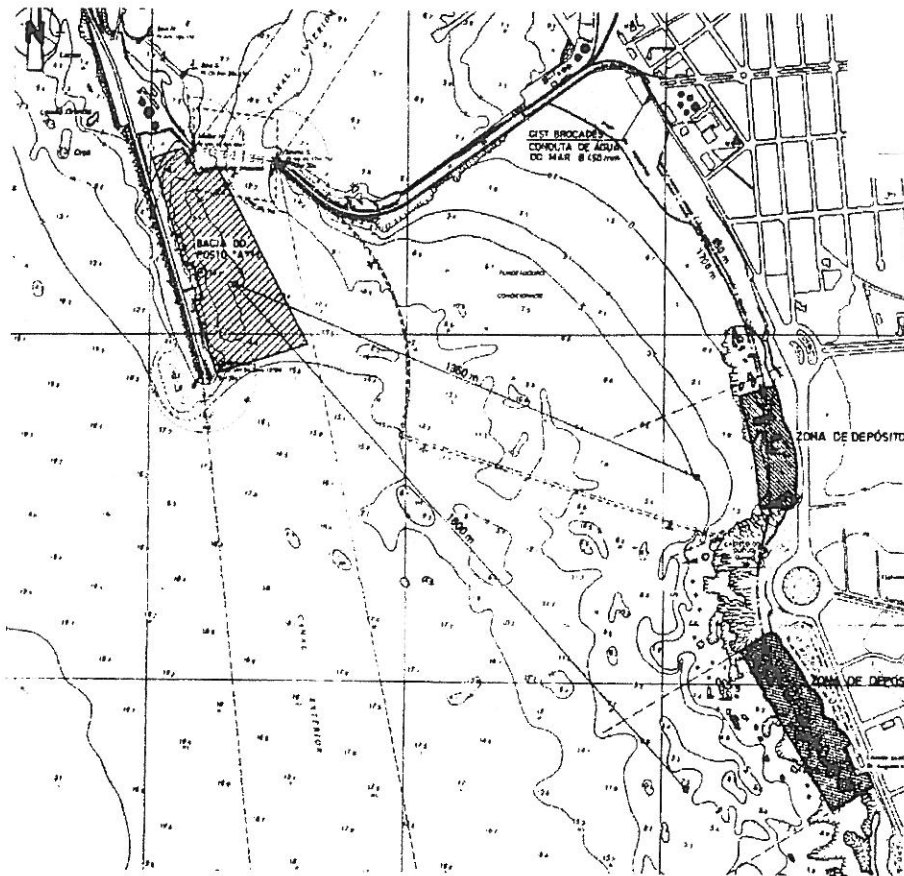


Figura 2 – Planta de Localização dos Trabalhos de Dragagem-Alimentação

A bacia de manobra e acostagem do Posto A, com uma área aproximada de 9,5 ha, é dragada à cota (-16,50 ZH), sendo a inclinação dos taludes de 5H:1V; obviamente, no seu limite poente o talude é o do molhe de abrigo, ou seja, o dragador deverá remover todo o material até encontrar o enrocamento do talude interior do molhe. Para garantia da execução do trabalho segundo a geometria do projecto, foi estabelecido um sistema de tolerâncias de que se referem os pontos essenciais:

- não se aceita qualquer tolerância negativa (dragagem a menos), ou seja, material dentro do perfil de projecto terá de ser removido;

- aceita-se uma tolerância positiva de 0,50 m mas com limitação do volume; isto é, será paga a sobredragagem contida numa faixa de tolerância limitada pelo perfil de projecto e por um outro obtido deste por translação vertical para baixo de 0,50 m, até ao limite de 50% do volume total desta faixa.

Com base no levantamento mais recente disponível à data do projecto, datado de Abril de 1993, estimou-se em cerca de 280 000 m³ o volume geométrico da primeira operação anual de dragagem. Obviamente, para chegar ao volume efectivo aquele valor deve ser acrescido do volume que entra na bacia durante a própria operação de dragagem, fortemente dependente da duração dessa operação e das condições de agitação ocorrentes.

É exigência da APDL que o movimento dos navios e a exploração do porto não sejam prejudicados pelas operações de dragagem; em particular, as manobras dos petroleiros que demandam o Posto A e a sua segurança quando em descarga não podem de modo algum ser afectadas. Trata-se de condicionamentos muito fortes que agravam o custo final da operação mas que, no entanto, não podem ser evitados.

3.2 – O PROCESSO DE ALIMENTAÇÃO SEDIMENTAR DAS PRAIAS

As zonas de deposição dos produtos de dragagem, a norte e a sul do Castelo do Queijo, estão definidas na Figura 2. Previa-se no projecto que, em caso de força maior, impeditiva da deposição naquelas duas zonas, os produtos de dragagem seriam lançados na zona tradicional de rejeição, a cerca de 2 MM da extremidade do quebramar principal de Leixões.

Admitia-se que a colocação das areias se pudesse fazer quer na zona emersa, acima do nível de baixa-mar (por exemplo: via terra, por repulsão a partir de um posto de descarga da draga dentro do porto), quer na faixa submersa adjacente à praia, via mar (por exemplo, por meio de draga com abertura pelo fundo). Em alternativa, poderia o dragador propor a alimentação via mar mas com colocação na zona emersa, recorrendo a técnicas recentes conhecidas. A colocação via mar poderia ser executada em qualquer época do ano, enquanto a colocação via terra teria que ser interrompida durante a época balnear.

Para a viabilidade duma solução via terra poderia contribuir a existência duma conduta desactivada, com 450 mm de diâmetro, que corre ao longo do muro cortina do molhe sul. Ao depósito obtido por esta via impunha-se uma cota máxima de +7,00 ZH.

No caso da alimentação via mar, com deposição na faixa submersa, impunha-se ao dragador a obrigação de depositar as areias *tão perto da costa quanto o permitissem*:

- o calado carregado do equipamento de transporte;
- o nível de maré;
- o estado de agitação.

3.3 – SOBRE O PROCESSO DE MEDIÇÃO

De acordo com o projecto, no início e no fim de cada operação de dragagem, anual ou de emergência, a APDL promoveria um levantamento geral da zona do Posto A. Obviamente, o levantamento final visa antes de mais o controlo de qualidade do trabalho realizado, e ainda a avaliação da parcela de sobredragagem que o Dono da Obra aceita pagar, de acordo com os critérios de tolerâncias referidos atrás. O levantamento inicial, por sua vez, serve apenas para obter um valor aproximado do volume de trabalho a realizar.

Com efeito e como foi já lembrado, o volume efectivamente removido e transportado a depósito é o volume geométrico presente na bacia do Posto A no início da operação, acrescido do volume que ali aflui durante a sua execução. Dada a dificuldade de quantificação desta última parcela, para efeitos de pagamento a APDL optou pela medição no porão do equipamento de transporte (a própria draga ou o batelão, se fosse o caso). Para tanto, e como é sabido, o volume transportado em cada operação unitária é avaliado através do nível médio atingido pelos dragados dentro do porão, uma vez conhecida a correspondente relação *nível* ⇒ *volume*.

Obviamente, este método introduz algum “empolamento” nos volumes medidos e pagos, correspondente ao efectivo empolamento geotécnico sofrido pelas areias quando são aspiradas e depois depositadas no porão. Só por isso o volume medido por este processo já seria superior ao volume geométrico. Esta questão não deverá ser ignorada em eventuais comparações com valores médios anuais de dragagens de manutenção de anos mais ou menos recuados, quando a medição, tanto quanto se sabe, era sempre realizada geometricamente no local de dragagem.

4 – CARACTERIZAÇÃO DA CIRCULAÇÃO ALUVIONAR

4.1 – OBJECTIVOS. METODOLOGIAS

Constituiu objectivo fundamental desta parte do trabalho a identificação do destino final das areias depositadas sobre ou frente às praias que se pretendia alimentar. Ou seja, procuravam-se respostas para as seguintes perguntas, em particular:

- qual o risco de as areias voltarem à bacia do Posto A ?
- qual o grau de estabilidade das praias eventualmente recriadas a norte e a sul do Castelo do Queijo, sem e com obras complementares de retenção aluvionar ?
- qual a rapidez de recuperação da zona emersa das praias, no caso de a alimentação ser realizada por deposição de dragados na faixa submersa contígua ?

No Programa de Trabalho inicialmente proposto à APDL encarava-se a utilização de três métodos de abordagem do problema da circulação aluvionar, que se “baptizaram”, respectivamente, de *granulométrico*, *das areias marcadas* e *morfológico*.

A viabilidade do *método granulométrico* estava dependente da existência duma diferença significativa (“legível”) entre as características granulométricas das areias recolhidas na bacia do Posto A e as da camada superficial da zona de estudo, grosso modo a que se estende do molhe sul ao Castelo do Queijo. Envolvendo a recolha e análise regular de amostras numa vasta malha de pontos, este método teve o seu início apenas esboçado, tendo-se rapidamente tomado consciência da sua impraticabilidade por falta de meios adequados.

Para as campanhas de lançamento e posterior seguimento de *areias marcadas*, chegou a APDL a lançar o correspondente concurso, a que não deu no entanto qualquer seguimento por razões várias: falta de qualidade de algumas das propostas recebidas, custo do trabalho a realizar, incerteza quanto à qualidade/credibilidade dos resultados finais esperados.

Com deficiências que são a seguir assinaladas, o método dito *morfológico* (baseado na comparação de levantamentos hidrográficos) foi portanto o único que pôde ser aplicado e que forneceu alguns resultados. Tudo o que se segue respeita, portanto, à aplicação deste método.

Para que a comparação entre levantamentos hidrográficos possa conduzir a resultados creíveis, é necessário que as variações altimétricas entre eles ultrapassem claramente os erros normais ou aceitáveis em hidrografia. Assim, variações para mais ou para menos da ordem de poucos decímetros, por vezes em grandes extensões, devem ser interpretadas com alguma prudência. Foram encontradas ainda outras dificuldades na aplicação deste método:

- Os limites dos levantamentos sucessivos nunca coincidem; como a comparação só pode incidir sobre a área comum, a zona objecto de análise corresponde, quando muito, ao levantamento menos extenso.
- Zonas de fundo rochoso muito irregular, com variações de cota de vários metros em curtas distâncias, dificultam ou mesmo invalidam a comparação altimétrica; como a localização em planta dos pontos sondados nunca é a mesma em levantamentos sucessivos, para obter resultados creíveis elas deveriam ser objecto de levantamentos de pormenor, o que estava obviamente fora de causa. Zonas com estas características abundam frente e a sul do Castelo do Queijo.

4.2 – PLANTAS DE EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA. INTERPRETAÇÃO

O método de alimentação artificial adoptado pela APDL, tendo em conta as propostas recebidas para a operação de dragagem nos cinco anos do contrato, foi o da deposição na zona submersa contígua à praia. O estudo aqui sumariamente apresentado, concluído em 1995, respeita ao período que foi de Março/93 a Dezembro/94; até esta última data tinha sido depositado um volume de 680 000 m³ exclusivamente na zona a norte do Castelo do Queijo. A operação de dragagem prosseguiu até aos dias de hoje, com deposição a norte mas também a sul do Castelo do Queijo, como se refere no item 7 desta comunicação; a caracterização da circulação aluvionar aqui apresentada leva só em conta, no entanto, a evolução morfológica registada no período terminado em Dezembro de 1994.

Foram utilizados levantamentos das seguintes datas (indicam-se os volumes V depositados frente à praia desde o início da operação):

- 1993, Março	V = 0
- 1993, 21 de Outubro	V = 0
- 1994, 18 de Março	V = 190 000 m ³
- 1994, 8 de Setembro	V = 680 000 m ³
- 1994, 21 Dezembro	V = 680 000 m ³

A empreitada de dragagem da bacia do Posto A foi iniciada em Agosto de 1993 (dia 10), mas só em Outubro seguinte foi iniciada a alimentação artificial das praias, com a deposição de 1450 m³ no dia 29. No período entretanto decorrido tinham sido depositados 440 000 m³ no vazadouro tradicional, a cerca de 2 MM da cabeça do molhe norte.

Designou-se por *planta de evolução morfológica* a representação gráfica das variações altimétricas entre levantamentos comparados. Apresentam-se apenas duas destas plantas (as relativas aos períodos 21/Out/93-08/Mar/94 e 21/Out/93-08/Set/94), e sobre elas fazem-se alguns comentários; por limitação de espaço omitem-se as restantes, aliás com menor interesse.

- Período de 21/Outubro/93 a 08/Março/94

Este período foi caracterizado por situações de agitação sensivelmente acima dos valores normais para aquela época do ano, como foi demonstrado em estudo específico realizado também no âmbito do trabalho. Foi depositado um volume de alimentação V = 190 000 m³.

Da planta de evolução morfológica, apresentada na Figura 3, importará salientar, antes de mais, o vazio de informação sobre algumas zonas importantes, nomeadamente sobre a praia imediatamente a norte do Castelo do Queijo. Obviamente, na base desta deficiência estão limitações dos levantamentos comparados. Importará ainda lembrar que a grande irregularidade “evolutiva” assinalada na zona fronteira ao Castelo do Queijo não tem qualquer significado; ela traduz apenas a falta de rigor dos levantamentos numa zona de fundo rochoso muito irregular.

Mesmo na ausência de qualquer alimentação, seriam de esperar alterações morfológicas significativas em razão das anómalas condições de agitação reinantes no período. Da planta da Figura 3 importará salientar:

- a erosão generalizada da praia de Matosinhos, pelo menos na parte coberta pela planta, a qual obviamente nada tem a ver com o processo de alimentação, mas sim com o conhecido comportamento sazonal das praias em perfil transversal;
- a formação duma *colina* alongada, de eixo aproximadamente paralelo à linha da praia, em cotas naturais da ordem de (-4) a (-7 ZH) que, em zona restrita, ultrapassou 2,5 m de altura.

Se o material de alimentação foi de facto depositado na zona consignada para o efeito no Caderno de Encargos (círculo assinalado na Figura 3), então poder-se-ia concluir que ele avançou principalmente para norte, paralelamente à praia, e só na zona fronteira à rotunda da Circunvalação manifestou alguma tendência para subir para menores profundidades, aproximando-se da zona emersa. Tendo presente que se tratou dum período de inverno rigoroso, não surpreenderá a dificuldade de progressão para menores profundidades; em tais

períodos o transporte dominante em perfil transversal é, com efeito, dirigido da praia para o largo.

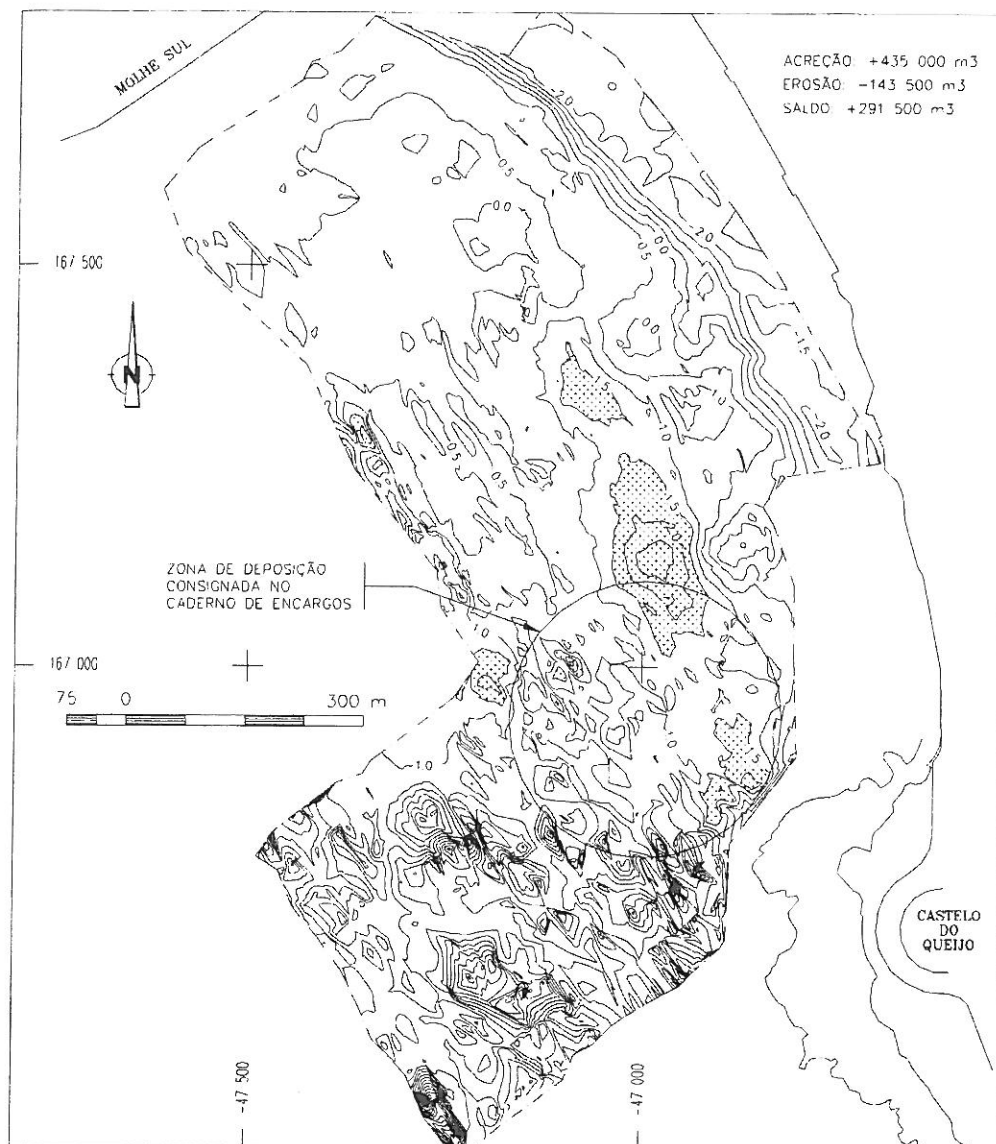


Figura 3 – Planta de Evolução Morfológica. 21/Outubro/93 - 08/Março/94

- Período de 21/Outubro/93 a 08/Setembro/94

A alimentação das praias totalizou um volume $V = 680\,000\text{ m}^3$.

Em princípio, a comparação de levantamentos intervalados de um ano permitiria ultrapassar as dificuldades de interpretação que resultam da intervenção das alterações sazonais. Observa-se, no entanto, que não os separa um ano e que o primeiro (Outubro/93) não corresponderá inteiramente a uma situação de fim de época estival, uma vez que o mês de Outubro de 1993 foi anormalmente agitado.

Da correspondente planta de evolução morfológica – Figura 4 – importa salientar desde logo a exiguidade da área coberta, consequência, uma vez mais, das limitações dos levantamentos

disponíveis. Em particular, encontra-se vazia toda a zona emersa das praias desde o molhe sul até ao Castelo do Queijo.

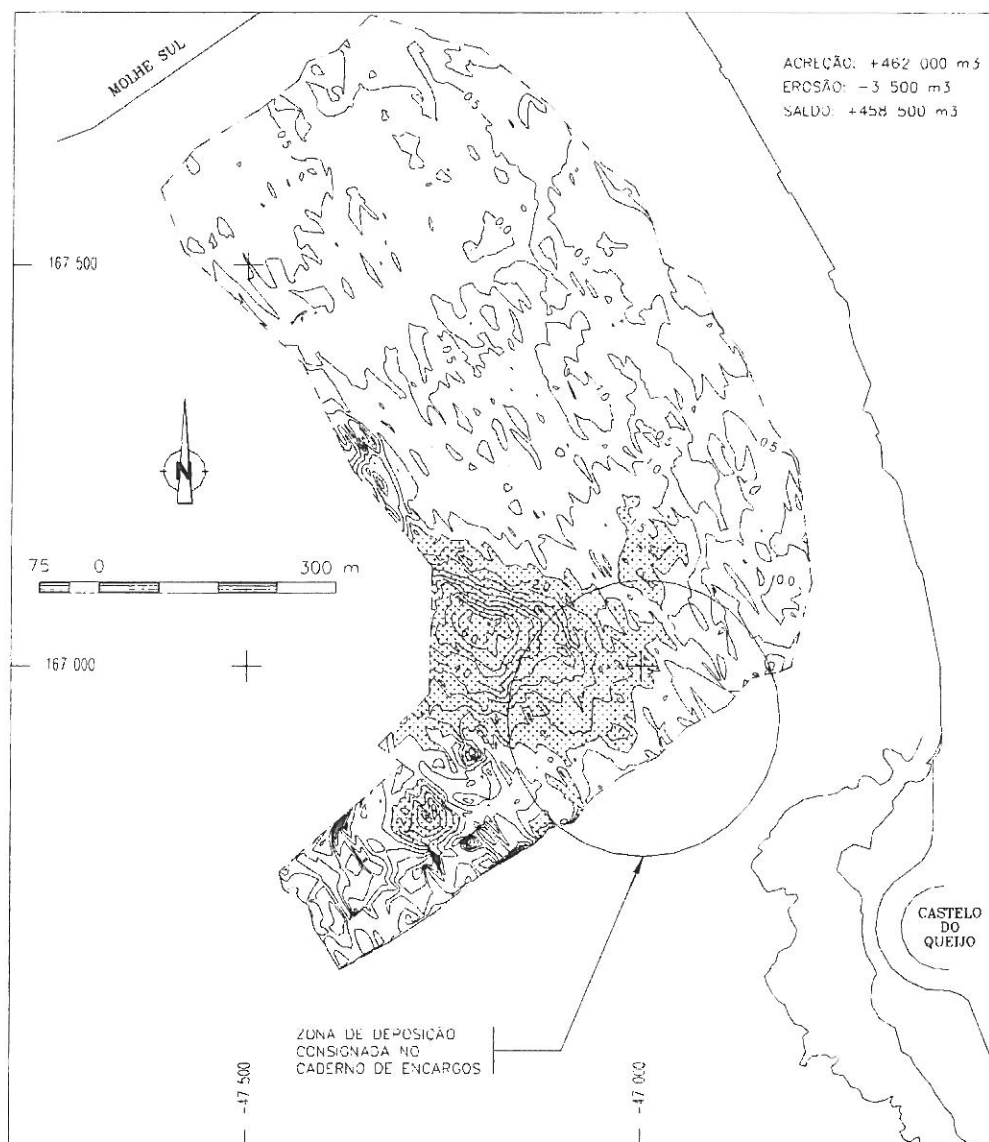


Figura 4 – Planta de Evolução Morfológica. 21/Outubro/93 - 08/Setembro/94

O aspecto mais interessante a salientar será talvez a acreção generalizada. Quase toda a zona ganhou areia; praticamente não há zonas de erosão. Lamentavelmente nada se pode afirmar sobre o que se terá passado na faixa emersa ou de pequenas profundidades entre o molhe sul e o Castelo do Queijo.

O balanço erosão-acreção conduz a um saldo positivo de 460 000 m³, valor a comparar com o volume de 680 000 m³ de alimentação artificial no mesmo período.

A colina da zona de depósito atingiu uma altura máxima de 6 m; a orientação do seu eixo, que aponta para a rotunda do Castelo do Queijo, poderia ser associada a uma direcção dominante de avanço sedimentar, mas julga-se que é, principalmente, o resultado directo da operação de deposição.

Da análise desta planta, como de outras, não resulta evidente uma direcção dominante de transporte do material depositado. Nota-se no entanto alguma tendência de avanço transversal para a costa e longitudinal para norte, como se infere do traçado da isolinha +1 (acrecção)

4.3 – AS CONCLUSÕES POSSÍVEIS

Da análise apresentada no item anterior resulta evidente a dificuldade de extrair conclusões claras sobre a circulação aluvionar na zona Molhe Sul-Castelo do Queijo. Recordam-se as dificuldades de aplicação ao caso presente do método dito morfológico; referem-se em especial as que resultam da exiguidade dos levantamentos disponíveis e da curta duração do período analisado (cerca de um ano).

As conclusões gerais possíveis, relativas a areias depositadas em zona submersa a norte do Castelo do Queijo, pareceram ser as seguintes:

- não foi detectada qualquer tendência de os materiais depositados se deslocarem para maiores profundidades;
- uma parte do material deslocou-se para norte na faixa de profundidades intermédias, acima da cota de deposição; nada se pode acrescentar sobre um eventual movimento longitudinal para sul;
- a movimentação em perfil transversal para menores profundidades é lenta, pouco intensa e, portanto, pouco evidente.

No que respeita à alimentação da praia entre o Castelo do Queijo e a Circunvalação, as conclusões mais relevantes serão as seguintes:

- a alimentação mediante deposição em zona submersa, às profundidades praticadas na primeira empreitada, é pouco eficaz dada a lentidão de avanço do material em perfil transversal;
- portanto, para obter resultados a curto prazo haverá que fazer a alimentação a profundidades muito menores, de preferência directamente na zona emersa (acima do ZH);
- a tendência de avanço para norte numa parte do material de alimentação parece justificar a construção duma obra de retenção na zona da rotunda da Circunvalação.

5 – OBRA TRANSVERSAL DE RETENÇÃO SEDIMENTAR

A última das conclusões apresentadas no item anterior veio reforçar a convicção, que já existia, de que a erosão e conseqüente desaparecimento da praia entre o Castelo do Queijo e a Circunvalação, registada depois do reforço e alteamento do molhe exterior, foi “beneficiar” a praia de Matosinhos; ou seja, a areia que daí saiu foi transportada para norte.

Poderá concluir-se, por isso, que qualquer tentativa de reconstrução daquela praia sem obras de retenção da areia de enchimento está condenada ao fracasso; com efeito, as causas que fizeram desaparecer a praia natural farão desaparecer também a praia artificial.

Dever-se-á no entanto ter presente que esta obra não pode senão aspirar à minimização do problema da perda da areia de enchimento; ou seja, nenhuma obra de dimensões aceitáveis poderá garantir a permanência a 100% da areia colocada na praia. A atitude racional será, por isso, fazer o seu dimensionamento com base em critérios paisagísticos e estéticos, tendo sempre presente que, quanto mais longa, maior a sua eficácia como obra de retenção e, portanto, menores as perdas de areia a repor em cada operação de alimentação.

Apresenta-se na Figura 5 apenas a planta de uma das várias soluções analisadas e propostas à consideração da APDL¹. Trata-se duma solução do Tipo II ou “de cabeça estreita”; soluções do Tipo I, ou “de cabeça larga”, seriam basicamente constituídas por uma “ilha” ou plataforma avançada, ligada a terra por um caminho de acesso.

¹ - Esta parte do trabalho foi da responsabilidade do Arq^o Silva e Castro, da Hidrotécnica Portuguesa (HP).

Na solução da Figura 5 a obra ficaria implantada um pouco a norte do enfiamento da Circunvalação, limitando a norte um trecho de praia que se desenvolveria até ao promontório do Castelo do Queijo, numa extensão da ordem de 500 m.

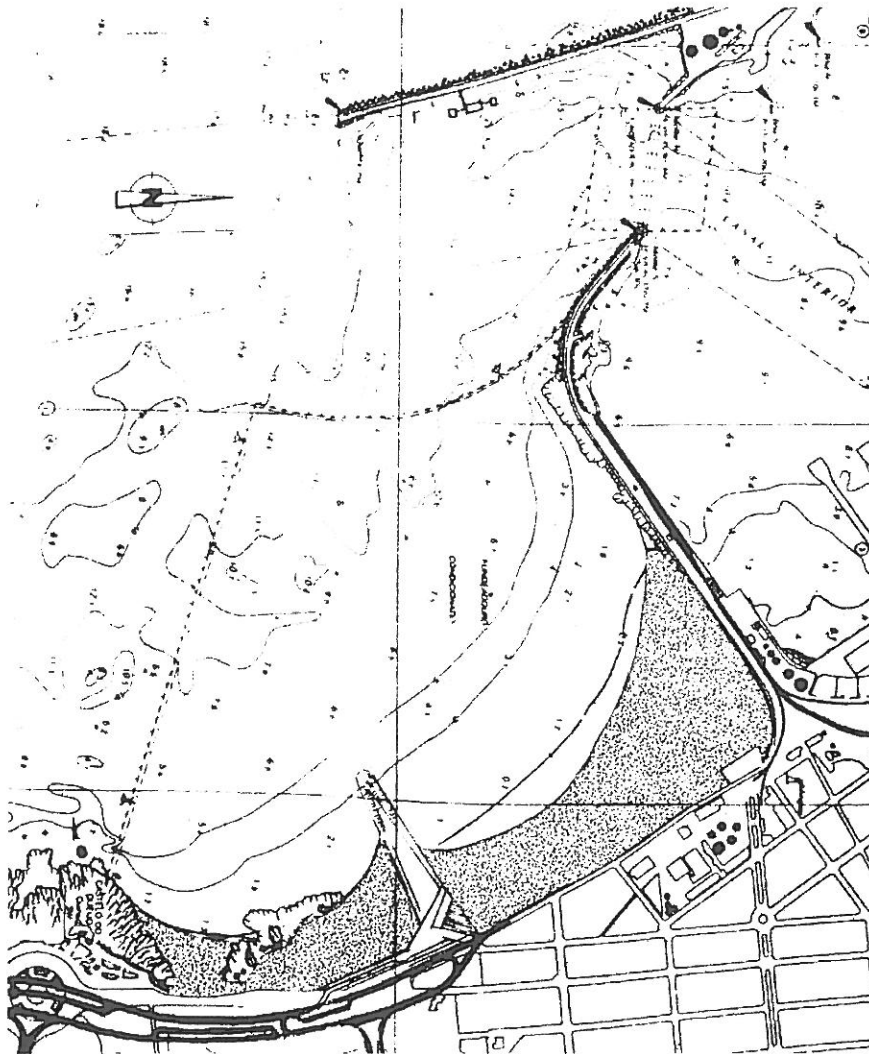


Figura 5 – Obra de Retenção Sedimentar. Solução Tipo II.

Importará salientar que uma obra deste tipo não é fatalmente um “atentado” à paisagem existente, podendo pelo contrário vir a constituir um elemento altamente valorizador como é o caso de obras funcionalmente análogas construídas noutras épocas na zona da Foz do Douro, cuja remoção ou mesmo modificação é actualmente impensável: referem-se os exemplos dos molhes de Felgueiras e de Carreiros.

6 – O PROCESSO DE ASSOREAMENTO DA BACIA DO “POSTO A”

O interesse da análise do processo de assoreamento da bacia do Posto A reside na possibilidade de nela basear uma solução eficaz para o problema.

Suspeitava-se que aquele assoreamento se processa principalmente por percolação através do corpo do molhe exterior, e não pelo contornamento da sua cabeça, como é normal em

situações análogas. Para fundamentar esta suspeição há que atender, antes de mais, à constituição estrutural do próprio molhe, do qual se apresenta um perfil tipo na Figura 6.

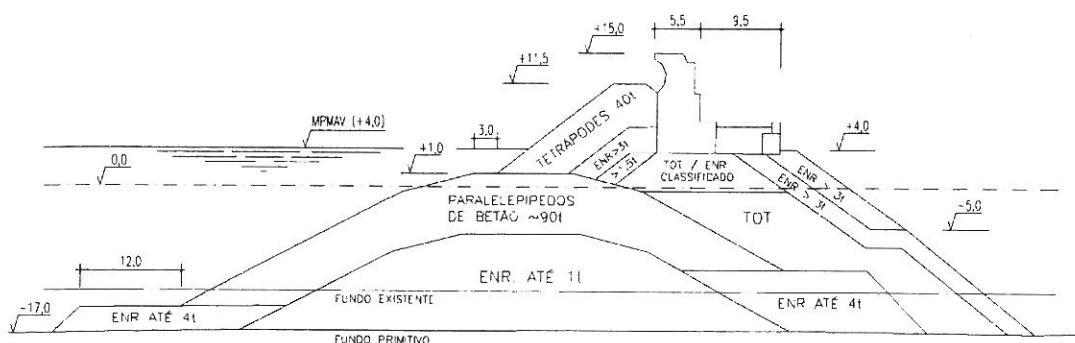


Figura 6 – Trecho Terminal do Molhe Exterior de Leixões. Perfil Tipo (após a fase de obras concluída em 1969).

O quebramar submerso, concluído em 1939 e que acabou por constituir como que a 1ª fase do actual molhe exterior, apresenta um núcleo de “Enr. < 1t” coroadado à cota (-6 ZH), protegido por um manto de blocos de 90 t coroadado à cota +1 ZH. Mesmo que um núcleo, com a constituição indicada, pudesse ser considerado impermeável do ponto de vista sedimentar, bastaria a consideração dos grandes vazios do manto acima da cota (-6 ZH) para poder afirmar que a estrutura, no seu conjunto, era altamente permeável.

Em finais da década de sessenta a obra passou a assumir o seu perfil actual, indicado na Figura 6. No que importa à permeabilidade sedimentar, a diferença em relação ao quebramar submerso reside no maciço de TOT que foi aplicado sobre o seu talude interior. É difícil ajuizar do grau de permeabilidade deste maciço, mas se se leva em conta que na sua parte inferior, abaixo da cota (-10 ZH), não chega atingir 10 m de espessura, seguramente se pode concluir que não pode constituir barreira eficaz à percolação aluvionar.

Sendo a obra mais ou menos permeável em toda a extensão, a informação disponível aponta para a existência de zonas singulares, das quais a mais notável é sem dúvida a da chamada *prainha*, localizada na zona da cabeça do molhe norte primitivo (de 1893). Esta *prainha* formase num local em que a percolação hidráulica e sedimentar, além de particularmente intensa, se manifesta a cotas tão elevadas que o depósito arenoso resultante (a *prainha*) sobe a cotas acima da baixa-mar. Esta singularidade do molhe é confirmada pelo assentamento diferencial da sua superestrutura no trecho correspondente, na sequência de um grande temporal de finais da década de setenta.

Como resultado desta permeabilidade sedimentar, o caudal sólido que percorre a faixa exterior adjacente ao molhe, oriundo da costa a norte, vai-se reduzindo progressivamente, como num descarregador lateral, acabando eventualmente por extinguir-se antes de atingir a cabeça da obra. Daí a evidente convergência da batimetria desta faixa para a extremidade do molhe, e não o aproximado paralelismo que se esperaria se o caudal sólido fosse constante em toda a sua extensão.

Com o objectivo de “tirar a limpo” esta questão, incluiu-se no programa inicial do estudo o lançamento de areias marcadas na faixa exterior adjacente ao molhe, e o seu posterior seguimento. Pelas razões já invocadas (item 4.1) esta campanha foi, no entanto, retirada do programa.

Restou por isso o recurso ao método dito morfológico, neste caso perturbado pelo trabalho quase contínuo de manutenção da bacia do Posto A. Em condições ideais ter-se-iam comparado as situações (levantamentos) inicial e final de um período de mar agitado da ordem de um ou dois meses, sem remoção do depósito que entretanto se fosse acumulando. Feita uma análise de todos os levantamentos disponíveis, foi seleccionado o período de Janeiro a Março de 1995, coberto por cinco levantamentos intervalados de cerca de duas semanas. Por

comparação entre levantamentos, obtiveram-se plantas de evolução morfológica relativas a: períodos (4) da ordem da quinzena, entre levantamentos sucessivos; períodos (2) da ordem de um mês; período (1) da ordem de 2 meses, entre o primeiro e o último.

Na Figura 7 reproduz-se esta última planta, relativa ao período de 14/Janeiro a 16/Março/95, bem elucidativa do processo de assoreamento da bacia do Posto A. Sobre este processo, e para usar a frase consagrada, bem se pode dizer que "a figura fala por si". É de facto evidente o contraste entre a faixa adjacente ao molhe e o resto da bacia; a primeira foi afectada por um assoreamento generalizado que, em zonas restritas, nomeadamente frente à estrutura acostável, ultrapassou os 3 metros, e isto em apenas dois meses e não obstante algum trabalho de dragagem que entretanto foi realizado; do resto da bacia quase se pode dizer que nada aconteceu.

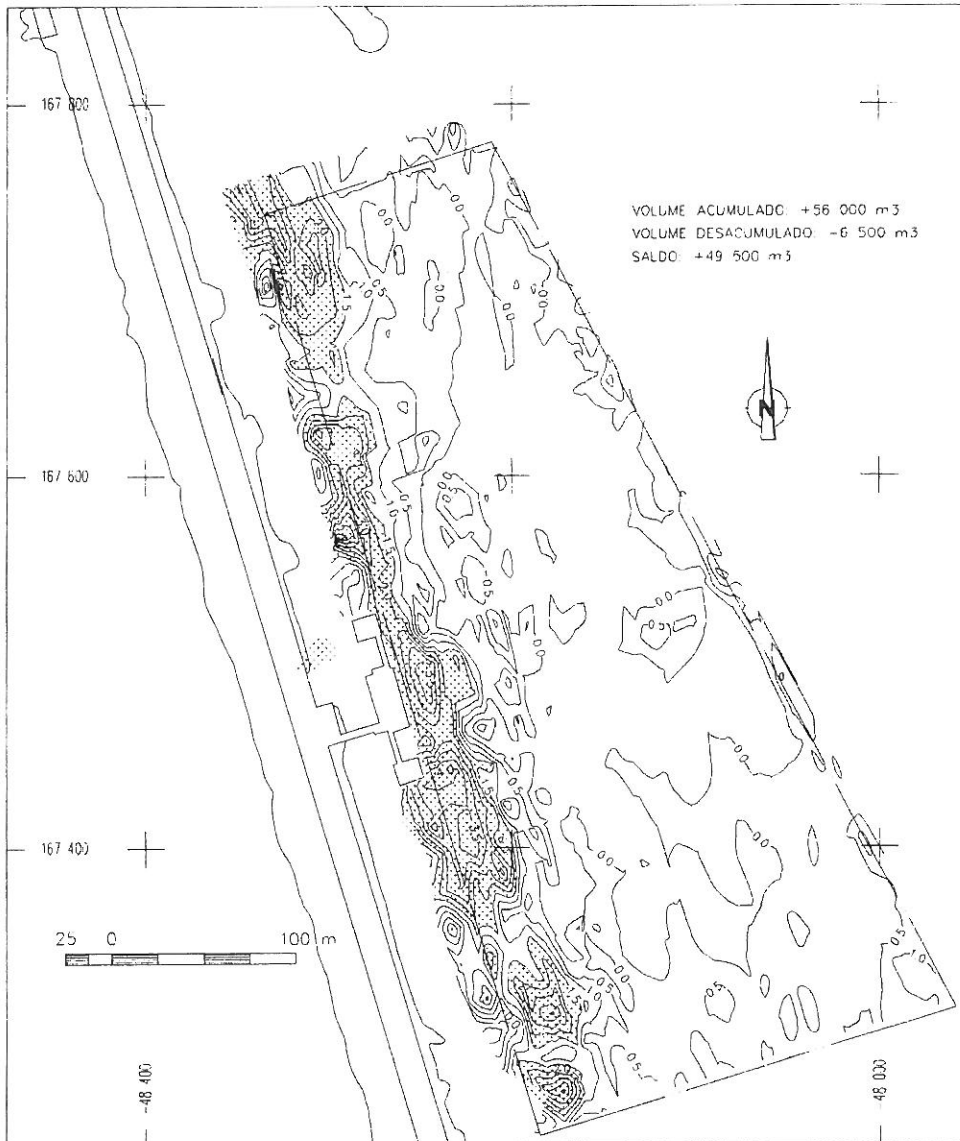


Figura 7 – Bacia do Posto A. Planta de Evolução Morfológica - 14/Janeiro a 16/Março/95.

Considera-se óbvio que um depósito longitudinal a toda a extensão da base do talude interior não pode ser o resultado da acumulação de areias que tenham contornado a cabeça do molhe; com efeito, os agentes de transporte (as correntes, aliás muito fracas, e as ondas que entram na zona de sombra do molhe) não têm capacidade para induzir um depósito daquele tipo. Melhor que os argumentos que poderiam ser desenvolvidos será uma planta de evolução

morfológica da zona da cabeça do molhe, que mostra o que acontece às areias que a ultrapassam – Figura 8.

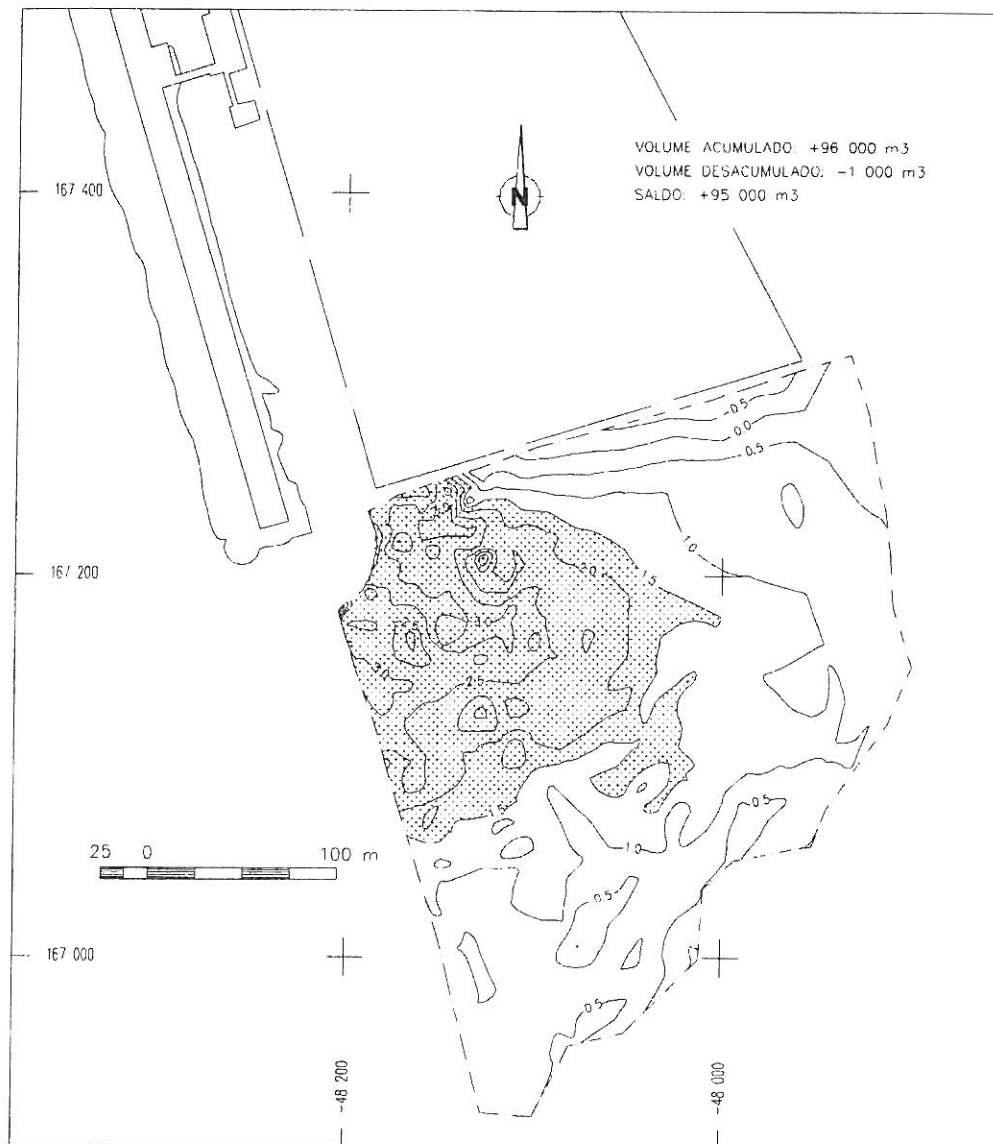


Figura 8 – Zona do “Leque” da Cabeça do Molhe Exterior.
Planta de Evolução Morfológica – Setembro/93 a Maio/94

Embora “perturbada” pelas dragagens de manutenção que terão sido realizadas na zona da cabeça, esta planta demonstra que as areias que a ultrapassam tendem a acumular-se numa *restinga submersa* cujo eixo principal se apresenta concordante com o do rumo local da agitação dominante (grosso modo, o WNW).

Dois factores principais contribuirão para o fenómeno da percolação:

- Em primeiro lugar, o enorme índice de vazios do corpo do molhe exterior, aspecto já salientado anteriormente; é fácil admitir que entre os blocos artificiais de 90 toneladas do manto do molhe submerso primitivo – Figura 6 - possam existir verdadeiras galerias por onde a areia penetra facilmente até ao talude interior;
- Em segundo lugar, o desnível do fundo entre o exterior e o interior do molhe. A fase de obras da década de sessenta (alçamento e reforço para abrigo do Terminal Petrolífero) diminuiu em alguma medida a permeabilidade da estrutura, o que determinou a acumulação na faixa exterior de material sólido oriundo da costa a norte e, em consequência, a subida da sua cota

média; enquanto isso, a faixa interior era aprofundada, por exigências de exploração do Posto A; o desnível criado, da ordem de 10 metros e mesmo mais, contribui, por efeito de gravidade, para agravar a percolação sedimentar.

Antes da construção do Posto A, em 1967/69, a parcela do caudal sólido que atingia a extremidade do molhe submerso seria muito pequena, eventualmente nula. Do levantamento de 1966, reproduzido na Figura 9 a), assinala-se a convergência da batimetria para a cabeça do quebramar (repare-se em especial no andamento da batimétrica dos 15 metros), prova de o caudal sólido na faixa exterior adjacente perdia intensidade de norte para sul.

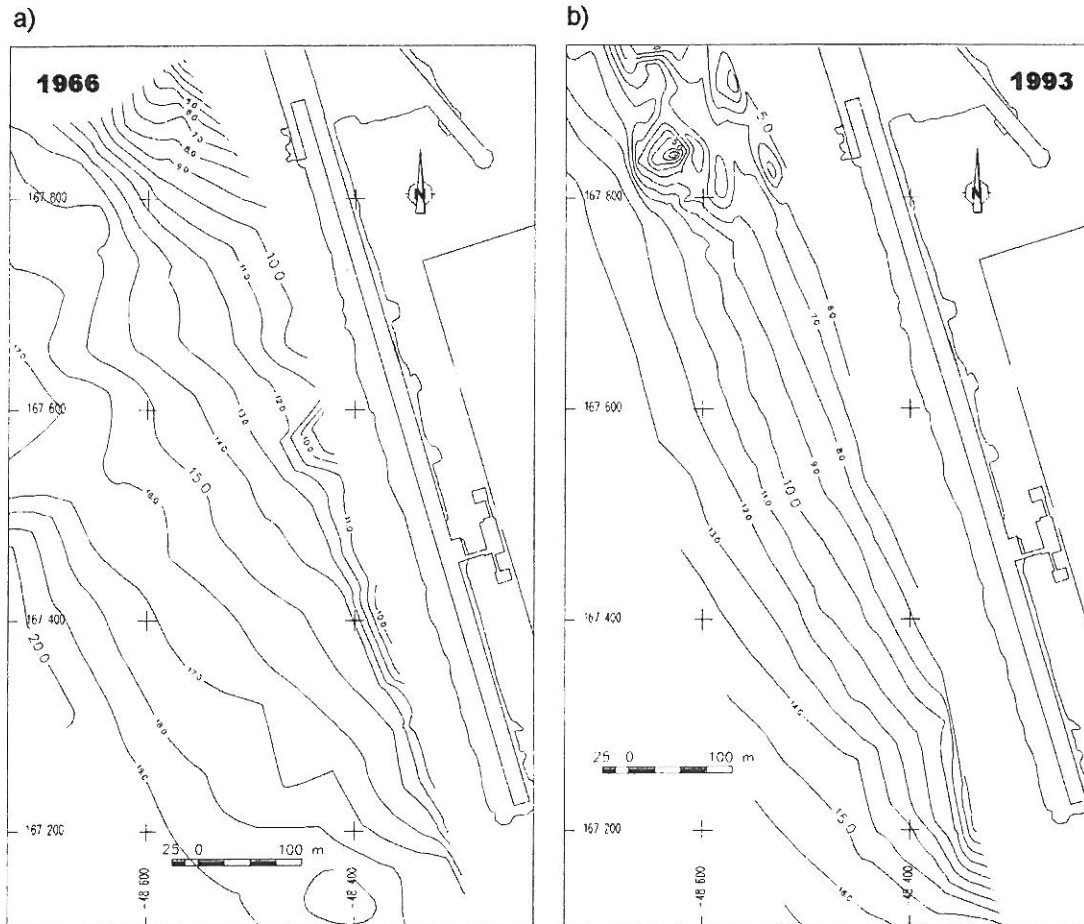


Figura 9 – Faixa Exterior Adjacente ao Molhe.
Levantamentos de 1966 e Out./1993.

Em 1993, cerca de 14 anos após a conclusão da fase de obras de 1967/69, que terá reduzido a permeabilidade sedimentar do molhe, a situação na mesma faixa era a da Figura 9 b). Mesmo uma comparação visual das duas situações põe em evidência a grande acumulação ocorrida entre as duas datas; a convergência da batimetria continua, no entanto, a manifestar-se.

A análise das plantas de evolução morfológica permite concluir que, nos períodos 1966-79 (13 anos) e 1979-86 (7 anos), a acumulação sedimentar foi sentida em toda aquela faixa duma maneira relativamente distribuída, embora com valores não muito significativos. Pelo contrário, no período 1986/Out.93 (7 anos) a acumulação foi muito intensa, totalizando cerca de 300 000 m³ na zona coberta pela planta; registe-se ainda que foi particularmente notória na zona central, perdendo importância para norte (frente à *prainha*) e para sul (cabeça) – Figura 10. Julga-se que este comportamento no período mais recente não pode deixar de estar associado, principalmente, às características da agitação efectivamente ocorrida.

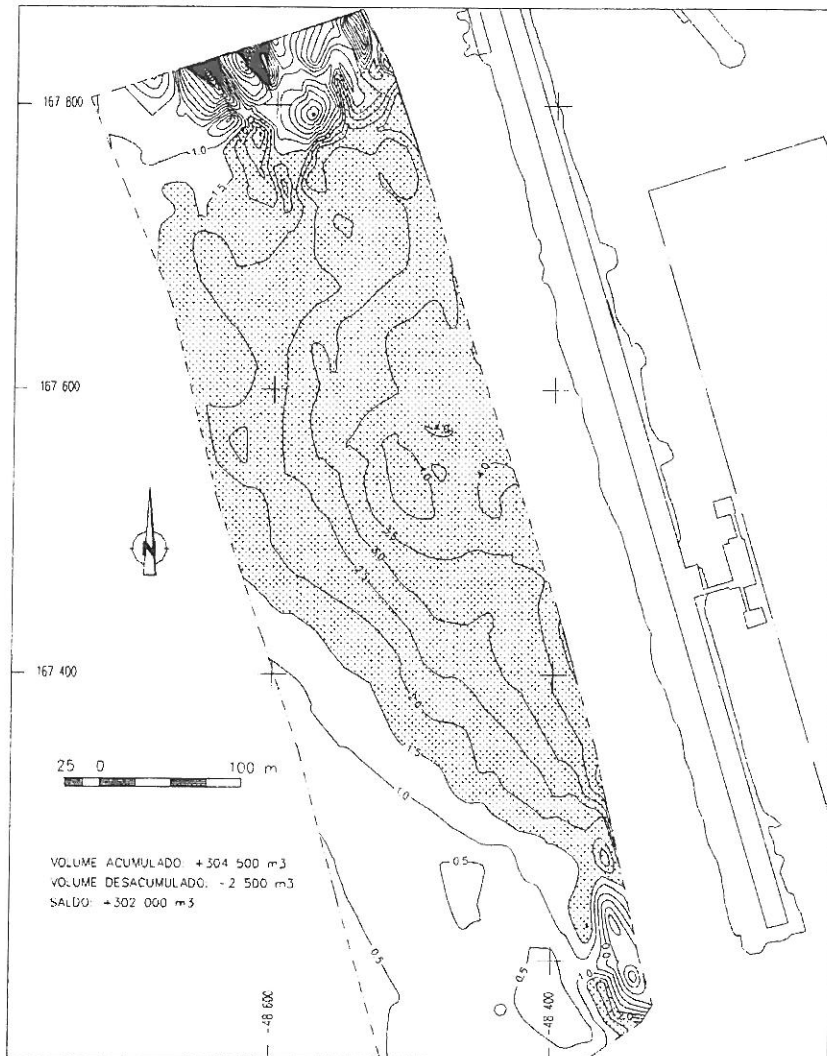


Figura 10 – Faixa Exterior Adjacente ao Molhe.
Planta de Evolução Morfológica – Agosto/86 a Outubro/93

Recorda-se que a empreitada de dragagem referida neste trabalho (Capítulos 3 e 4) foi justamente iniciada no fim daquele período (Agosto de 1993). Não surpreenderá que o trabalho de manutenção exceda em muito o do volume geométrico do material presente na bacia do Posto A no início da empreitada; poderá dizer-se que a APDL teve que esvaziar não só a bacia mas ainda o depósito acumulado na faixa exterior adjacente ao molhe, o qual, por percolação, afluíu à mesma bacia no decurso do trabalho, com maior ou menor intensidade conforme as condições de agitação reinantes.

7 – A MELHORIA DAS CONDIÇÕES DE MANUTENÇÃO DA BACIA DO “POSTO A”. SOLUÇÕES ALTERNATIVAS.

7.1 - INTRODUÇÃO

Julga-se ter demonstrado no capítulo anterior que o processo de assoreamento da bacia do Posto A envolve quase exclusivamente areias que atravessam o corpo do molhe exterior. Ele é particularmente inconveniente porque ocorre pelo lado menos desejável, por ser aquele em que o navio acosta; por isso, o equipamento de dragagem só pode intervir na faixa crítica de assoreamento nos intervalos de desocupação do posto de acostagem. Nos casos em que o material entra na bacia pelo lado oposto ao da frente de acostagem, o navio acostado e a

draga podem “coabitar” menos mal nesse espaço; então, o trabalho de manutenção tem muito maior continuidade, é mais eficaz, e principalmente pode garantir que o depósito sedimentar nunca avance até à posição de acostagem do navio.

As intervenções visando a melhoria das condições de manutenção da bacia do Posto A poderão inscrever-se em dois grupos, conforme o seu objectivo básico:

- as que reduzem ou eventualmente eliminam o caudal sólido que chega às suas imediações;
- as que se limitam a facilitar o processo de manutenção.

As do primeiro tipo transferem para outro local a retenção-remoção do material que actualmente é removido da bacia do Posto A; obviamente, nenhum efeito podem ter sobre o volume total de material a remover, e nesse aspecto são idênticas às do segundo. De entre estas, o estudo concluído em 1995 identificava como mais promissora a que consistiria na impermeabilização sedimentar do molhe.

7.2 – RETENÇÃO-EXTRACÇÃO A BARLAMAR DO MOLHE EXTERIOR

Para pôr de pé uma solução deste tipo, o principal problema a resolver é encontrar um local adequado à implantação duma obra de retenção sedimentar, tendo em conta o custo, a capacidade de acumulação e os impactes das operações associadas de extracção e de transporte. Analisada a morfologia costeira do trecho a norte de Leixões, foram considerados em princípio os seguintes dois locais:

- A - Na curva do molhe norte, tirando partido dos “leixões” conhecidos por *baixios do noroeste*. Com um esporão aqui enraizado, orientado a noroeste, poder-se-ia aumentar significativamente a capacidade de acumulação da praia de Leça.
- B - Imediatamente a norte da pequena enseada da Boa Nova, aumentando a capacidade de acumulação da praia que se estende até ao Cabo do Mundo.

Com estruturas de retenção do mesmo comprimento, a solução B ofereceria a dupla vantagem, face a A, dum menor custo inicial e de uma capacidade de acumulação sensivelmente superior. No entanto, a recomendação do estudo recaiu sobre o local A; com efeito:

- o local A insere-se na área de jurisdição da APDL;
- os impactes, nomeadamente os da operação de extracção, são em diversos aspectos menos negativos;
- o grau de enchimento da praia de Leça, do qual depende fundamentalmente o seu valor balnear, poderá ser controlado de maneira relativamente fácil, o que não aconteceria se a extracção fosse executada num local relativamente afastado a barlamar.

7.3 – IMPERMEABILIZAÇÃO DO MOLHE EXTERIOR

Refira-se antes de mais que a impermeabilização do molhe não interferirá com o caminhamento litoral na faixa exterior adjacente. O caudal sólido avançará de norte para sul na sua totalidade até à extremidade da obra, distribuindo-se depois pela área mais ou menos vasta onde normalmente se forma o chamado *leque* a sul e sueste da cabeça, em cotas naturais da ordem de (-17 ZH).

A vantagem em relação à situação actual reside na possibilidade de captar o caudal sólido, que se acumulará na referida zona, por processos mais eficazes que os actuais e sem interferência com a navegação que demanda o porto, em especial sem perturbação da exploração normal do Posto A. Além disso, o facto de o afluxo sedimentar ser espalhado ou distribuído por uma zona relativamente vasta fará com que a perda de tirantes de água passe a ser muito menor que na situação actual, em que aquele material se acumula de forma concentrada na base do talude interior. A maior vantagem será no entanto a possibilidade de explorar o Posto A sem sobressaltos, já que a sua bacia se manterá por longos períodos de tempo às cotas exigidas.

Na pesquisa do processo de impermeabilização do molhe estiveram presentes vários objectivos: em primeiro lugar, a eficácia; depois, a facilidade e simplicidade construtivas, a que estará associada a minimização das interferências com a exploração do Posto A durante a construção; por último, o custo.

Propôs-se à APDL a solução representada na Figura 11, baseada na aplicação duma tela geotêxtil sobre o talude interior do molhe, cuja estabilização seria assegurada por um manto de gabiões dos tipos *saco* ou *colchão*. Para assentamento da tela, o referido talude seria previamente regularizado com enrocamento miúdo, da gama 10 a 50 N, aplicado sob controlo de mergulhador para garantia duma superfície relativamente plana.

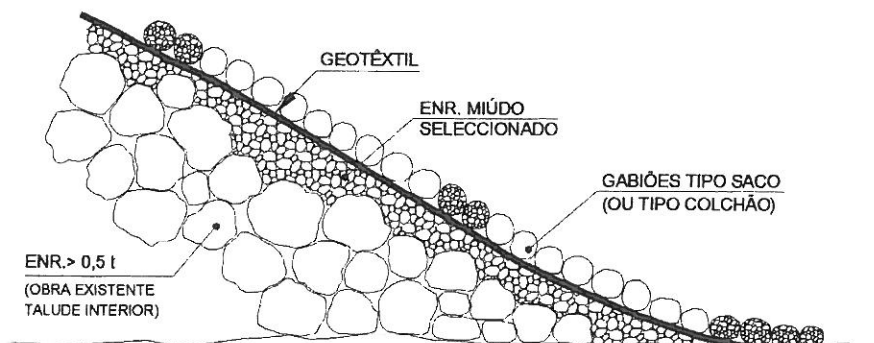


Figura 11 – Impermeabilização Sedimentar do Molhe Exterior. Solução proposta à APDL.

O aspecto crítico da solução proposta é o da estabilidade do manto de gabiões, face à gravidade dos galgamentos que afectam este molhe.

Tenha-se presente, no entanto, que a cortina impermeabilizante não precisa de subir a cotas elevadas. O nível do seu bordo superior deveria ser relacionado com a cota máxima que a acumulação de areia na faixa exterior adjacente ao molhe pode, verosimilmente, atingir; como não é crível que aquela acumulação suba jamais até níveis de baixa-mar, atribua-se àquele bordo superior a cota máxima ZH (no trecho mais a norte; zona da *praínha*). Então, em preia-mar, fase da maré a que correspondem os galgamentos mais violentos, o bordo superior da cortina estará protegido por uma “almofada” de água de 3 ou 4 metros.

7.4 – A SOLUÇÃO RECOMENDADA

Concluiu-se atrás que:

- para reduzir o caudal sólido que chega às imediações do Posto A, a solução mais recomendada consiste na retenção-extracção na praia de Leça, mediante obra transversal enraizada na curva o molhe norte;
- admitindo que o caudal sólido litoral continuará a chegar sem impedimentos às imediações do Posto A, a melhoria das condições de manutenção da sua bacia passa pela impermeabilização sedimentar do molhe exterior, eventualmente com uma solução do tipo da apresentada na Figura 11.

Se houver que fazer uma opção entre as duas alternativas de abordagem do problema, mantendo-se o objectivo da alimentação artificial das praias a sul, julga-se não haver dúvidas de que deve ser dada preferência à segunda. Com efeito:

- o volume total a remover é necessariamente o mesmo; corresponderá ao caudal sólido oriundo da costa a norte de Leixões;
- os impactes ambientais da extracção e, principalmente, os de transporte, são muito menores;
- o custo unitário deverá ser significativamente inferior;
- a fiabilidade do processo é maior.

8 – A EVOLUÇÃO DO PROBLEMA NOS ANOS MAIS RECENTES. O FUTURO.

Como complemento dos dados apresentados, importa referir os volumes dragados nos últimos anos e o destino dado às areias, bem como fazer uma referência à monitorização de todo o sistema “zonas dragadas - zonas alimentadas” e, por fim, dar uma ideia das acções e estudos em curso.

Relativamente aos volumes dragados e depositados na envolvente ao Castelo do Queijo, apresenta-se no Quadro 2 o resumo das dragagens efectuadas junto ao “Posto A” do TPL e das areias colocadas nas praias ou transportadas para o tradicional vazadouro, a cerca de 2 milhas ao largo de Leixões.

Quadro 2

LEIXÕES
DRAGAGENS À ENTRADA DO PORTO / ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DAS PRAIAS A SUL
Volume das areias dragadas e locais de depósito - 1993 / 99

Ano	Volume dragado (m ³)	Volume colocado Zona submersa (m ³)	Volume colocado na praia (m ³)	Volume colocado a 2 milhas rumo W (m ³)
1993-95	1 890 574	1 030 794	69 235	790 545
1996	353 978	303 207	--	50 771
1997	276 501	184 287	--	92 214
1998	348 702	87 510	111 738	149 454
1999	243 449	32 015	80 800	130 634
Período 93-99	3 113 204	1 637 813	261 773	1 213 618
(médias anuais)	444 743	233 973	37 396	173 374

Importará salientar que nos dois últimos anos (1998 e 1999) a APDL optou por fazer a alimentação artificial da Praia Internacional por deposição directa na sua zona emersa – Figura 12. Como se regista no Quadro 2, nestes dois anos foram aí aplicados cerca de 200 000 m³. Foi usada a técnica relativamente recente da draga de porão que, em cada ciclo operativo, faz a sua acoplagem a uma tubagem de repulsão assente no fundo. Com início numa bóia instalada em profundidades adequadas às características da draga, esta tubagem atravessa a zona de rebentação e segue depois paralelamente à costa para distribuição longitudinal do material repulsado – Figura 12. Obviamente, a necessidade, sentida em 1999, de alimentar a Praia Internacional significa que parte importante da alimentação feita em 1998 foi perdida (ou seja, “fugiu” da zona emersa) no inverno seguinte.

Quanto aos processos de acompanhamento e monitorização utilizados durante os últimos anos, a área da bacia de acostagem do “Posto A” tem sido objecto de levantamentos hidrográficos com periodicidade mensal, enquanto a evolução da zona de alimentação vem sendo registada mediante levantamentos topo-hidrográficos trimestrais. Continua também a recolha sistemática de amostras de areia na zona das dragagens e nas praias, para verificar a sua conformidade com as regras técnicas a que devem obedecer estas operações, tendo em conta o Despacho Conjunto do MARN/MM, de 04/04/99.



a) – Alimentação da zona emersa, por repulsão .



b) – Situação após enchimento

Figura 12 – A Praia Internacional, antes e depois duma Operação de Enchimento.

De tudo o que foi referido, pode-se concluir que os volumes dragados se têm mostrado estáveis, e que as areias colocadas nas praias, quer nas zonas submersas, a cotas a rondar o – 5 m (ZH), quer directamente na plataforma emersa, têm demonstrado estabilidade crescente, certamente em resultado duma série de Invernos menos rigorosos e, provavelmente, de alguma melhoria inerente à deposição de cerca de 2×10^6 m³ de areia.

Não se tem verificado qualquer sinal claro de fuga de areias para o canal de acesso e aproximação do Porto de Leixões, nem tão pouco para a bacia de manobra do “Posto A” do TPL, não sendo também visível uma acreção exagerada da Praia de Matosinhos.

Estas conclusões têm contribuído para a opção da APDL de, para já, manter o esquema de dragagem e alimentação artificial praticado, pelo menos no que respeita à deposição de areias por descarga de fundo da draga segundo o paralelo do Castelo do Queijo.

Apesar das considerações tecidas, é um facto que a dinâmica e a exposição da área tratada exigem uma definição clara de quais as obras indispensáveis à sua estabilização, de forma a rentabilizar a campanha de alimentação artificial das praias locais, garantindo-se em definitivo a defesa desta faixa costeira e o reaparecimento da “antiga” Praia Internacional – Figura 12 b) - com um adequado enquadramento urbano e paisagístico.