



2.^{as} JORNADAS PORTUGUESAS DE ENGENHARIA COSTEIRA E PORTUÁRIA

Implementação do Plano de Gestão Ambiental da Lagoa de Óbidos

José Rodrigues Vieira, Eng. Civil, PhD
DHI Water & Environment Sucursal em Portugal, Director

Sumário

O Plano de Gestão Ambiental da Lagoa de Óbidos, elaborado e aprovado pelo INAG em 1998, contempla um conjunto integrado de acções para a reabilitação ambiental deste sistema lagunar. Dado o seu adiantado estado de degradação, resultante de efeitos cumulativos ao longo de muitas décadas, esta reabilitação só será possível se houver efectiva coordenação entre as várias acções propostas, e que passam não só por intervenções no interior da lagoa, nomeadamente dragagens de manutenção, mas também pela definição de uma política de usos do meio receptor e sua envolvente, compatível com as suas capacidades assimilativa e de suporte.

A reabilitação da Lagoa de Óbidos depende essencialmente de dois factores:

- Regularização de toda a zona da entrada por forma a ser atingido um volume de trocas de água com o mar adequado ao equilíbrio ecológico da lagoa e a efectiva protecção de zonas sensíveis das suas margens;
- Recuperação do equilíbrio morfológico da lagoa, em particular da entrada, que constitui a sua parte mais sensível e vulnerável, e sem o bom funcionamento da qual o sistema lagunar só poderá continuar a existir através de contínuas e dispendiosas operações de manutenção.

O aspecto mais importante para a reabilitação da lagoa a longo prazo é a relação que existe entre o regime morfológico da lagoa e a extensão da sua área líquida nas cabeceiras. Conforme foi diagnosticado no Plano de Gestão Ambiental, a recuperação do equilíbrio morfológico da Lagoa de Óbidos não pode ser obtida apenas através de acções localizadas na sua entrada, dependendo essencialmente da reabilitação das cabeceiras, onde durante as últimas décadas a ocupação humana foi responsável pela perda de uma área líquida superior à área actual da lagoa.

Com este enquadramento deu o INAG início à 2ª Fase do Processo de Gestão e Reabilitação da Lagoa de Óbidos com a elaboração de um Plano Geral de Dragagens. Este plano assenta na definição da futura Linha de Perímetro Interno a adoptar, que determina a área mínima a reservar em toda a envolvente da lagoa, por forma a criar condições adequadas à implementação das intervenções necessárias à sua reabilitação.

A justificação e critérios adoptados para a definição da Linha de Perímetro Interno e elaboração do Plano Geral de Dragagens da Lagoa de Óbidos são objecto do presente trabalho.

1. INTRODUÇÃO

O aspecto mais importante para a reabilitação da Lagoa de Óbidos a longo prazo, e que constitui a linha de orientação do Plano de Gestão Ambiental (Ref. /4/) apresentado ao INAG em Janeiro de 1998, é a *relação que existe entre o regime morfológico da entrada da lagoa e a extensão da sua área líquida nas cabeceiras.*

Conforme foi diagnosticado durante a elaboração do referido Plano, a recuperação do equilíbrio morfológico da Lagoa de Óbidos não pode ser obtida apenas através de acções localizadas na sua entrada, dependendo essencialmente da reabilitação das cabeceiras, onde durante as últimas décadas a ocupação humana foi responsável pela perda de uma área líquida superior à área actual da lagoa.

A redução da área líquida da lagoa nas cabeceiras faz com que as correntes de enchente se tornem progressivamente dominantes relativamente às correntes de vazante ao longo dos canais da entrada. Esta situação é a causa directa do desequilíbrio morfológico observado na lagoa. Nas condições actuais, a enchente domina já a partir de uma distância bastante próxima da embocadura, prevalecendo as respectivas correntes ao longo de toda a entrada até ao corpo da lagoa. Em consequência, uma parte significativa das areias transportadas em suspensão para dentro da lagoa atinge facilmente a zona sujeita à dominância da enchente, sendo, a partir daí, lenta mas progressivamente transportada por arrastamento de fundo, para zonas mais interiores, dando origem à formação e crescimento de extensos bancos de areia e à diminuição da secção dos canais.

Acresce que, a intensificação dos usos e a ocupação do solo na envolvente da lagoa, que implicaram a sua exposição a intensa erosão superficial, deram origem a um grande aumento de entrada de materiais finos em suspensão na lagoa, provenientes da sua bacia hidrográfica. Dado que a capacidade de renovação da água é cada vez menor, estes materiais tendem, por sua vez, a ficar retidos nas cabeceiras e corpo da lagoa, contribuindo assim também para a redução das suas dimensões.

Na *Figura 1*, apresenta-se, esquematicamente, a génese e desenvolvimento do processo de agravamento das condições ambientais da Lagoa de Óbidos. O desequilíbrio morfológico atingido é já irreversível através de mecanismos naturais, encontrando-se todo o sistema lagunar num processo acelerado de enchimento e fecho permanente da embocadura.

Com este enquadramento, e de acordo com o preconizado no Plano de Gestão Ambiental, deu o INAG início à 2ª fase do Processo de Gestão e Reabilitação da Lagoa de Óbidos com a elaboração de um Plano Geral de Dragagens. Este plano assenta na definição da **Linha de Perímetro Interno** a adoptar, *que determina a área mínima a reservar em toda a envolvente da lagoa por forma a permitir as intervenções futuras necessárias à sua reabilitação.*

A justificação e critérios adoptados para o estabelecimento desta linha são sucintamente apresentadas neste artigo, e foram objecto de análise em profundidade na Ref. /2/. A estratégia proposta para o Plano Geral de Dragagens é esquematicamente sintetizada na *Figura 2* e assenta em cinco componentes fundamentais:

- Adopção de uma Linha de Perímetro Interno dentro da qual se possa proceder às dragagens necessárias, à reabilitação de áreas importantes para o sistema ecológico, nomeadamente sapais, à deposição dos materiais dragados e ao controle da ocupação e usos das áreas envolventes da lagoa;
- Dragagem das cabeceiras da lagoa numa extensão e localização que permita obter um regime morfológico na zona da entrada e na embocadura o mais próximo possível das condições de equilíbrio dinâmico e recuperar, do ponto de vista ecológico, zonas que actualmente se encontram degradadas ou que estão ocupadas para usos para os quais não estão vocacionadas;
- Regularização de toda a zona da entrada e da embocadura, de forma integrada e compatível com o avanço das dragagens nas cabeceiras, com vista a obter uma maior estabilidade da embocadura, a minimizar o esforço de manutenção e a proteger zonas das margens em risco de erosão;

- Dragagens de manutenção de acordo com o planeamento a ser efectuado para cada uma das fases de avanço das obras, abrangendo: canais da entrada e da embocadura; corpo da lagoa; margens, bancos e zonas intertidais; canais, retenções e expansões nas cabeceiras.
- Monitorização hidrográfica de toda a lagoa dentro da Linha de Perímetro Interno. O plano de monitorização a efectuar deverá assentar no plano actualmente em execução, dando-lhe continuidade e estendendo o seu âmbito a novas áreas de intervenção.

Na 1ª Fase do Processo de Gestão e Reabilitação Ambiental da Lagoa de Óbidos foi elaborado o projecto de um sistema embocadura/canal, dimensionado para proporcionar uma melhoria da estabilidade da embocadura e servir de ponto de partida para a recuperação do equilíbrio dinâmico do regime de transporte sedimentar ao longo da entrada da Lagoa (Refs. /5/, /6/ e /11/). O projecto incluiu também o dimensionamento de uma cortina de estacas-prancha, que funciona como dique ou muro-guia. A sua implantação no interior da Lagoa foi estudada para protecção da margem Norte sem recurso a uma intervenção directa no cordão litoral (conforme definido no Caderno de Encargos do Programa de Concurso). O "layout" adoptado para o canal, possibilita, simultaneamente, que este se mantenha na zona em que apresenta as melhores condições de estabilidade e as melhores condições de acompanhamento dos movimentos de migração da embocadura. Os trabalhos de construção e dragagem foram concluídos em Julho de 1999 (Ref. /10/).

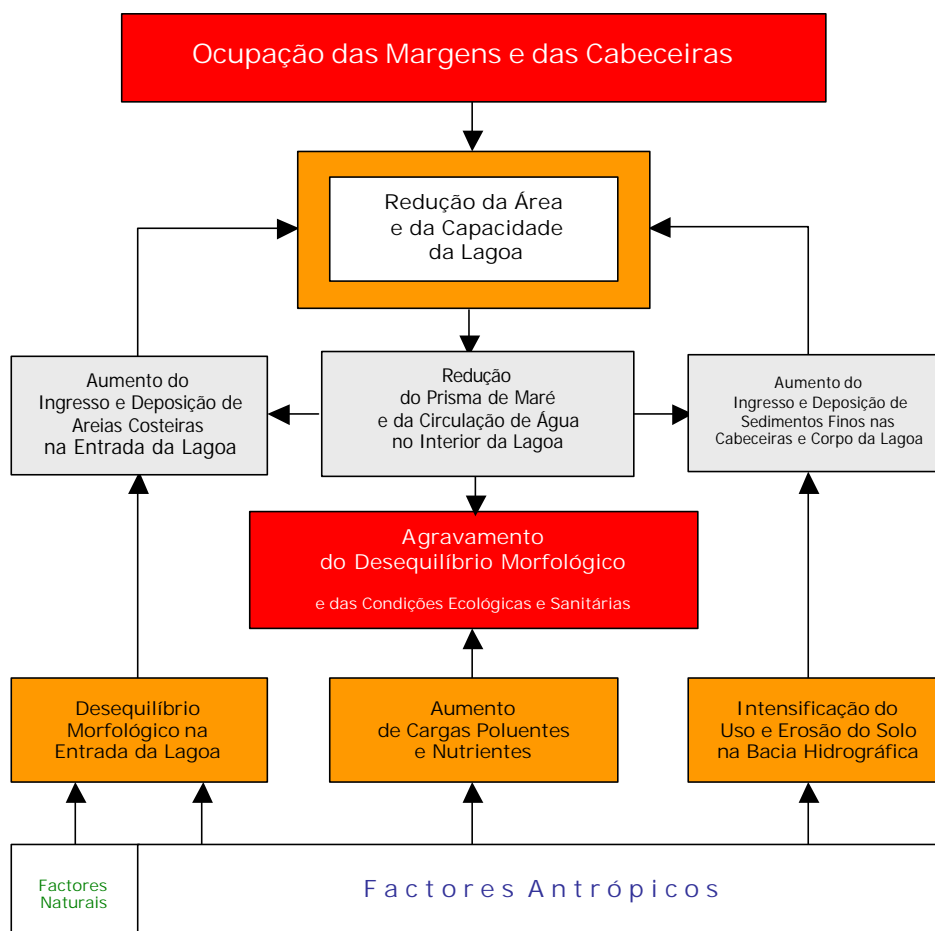


Figura 1 Processo de agravamento das condições ambientais da Lagoa de Óbidos



Figura 2 Estratégia para a 2ª Fase de reabilitação da Lagoa de Óbidos

2. METODOLOGIA

Dada a elevada complexidade do sistema natural em causa, quer no que diz respeito à interacção de natureza não-linear entre os processos hidromorfológicos, quer relativamente à caracterização do seu regime que varia de acordo com diferentes escalas de tempo (ciclos quinzenais de maré, variações meteorológicas sazonais e interanuais), a análise dos fenómenos em jogo tem necessariamente que se apoiar na aplicação de diferentes modelos. No presente trabalho foram utilizados, de forma integrada, modelos empíricos, analíticos e numéricos, de acordo com os diferentes tipos de análise e critérios utilizados para cumprir os objectivos pretendidos.

Através dos *modelos empíricos* é possível representar as relações entre factores determinantes do comportamento de uma determinada área ou de um sistema natural. Estes modelos são normalmente importantes para a calibração de modelos analíticos ou numéricos mais avançados. Foram utilizados os modelos empíricos de O'Brien e Bruun.

Os *modelos analíticos* são particularmente indicados para análises de regime e de sensibilidade, permitindo normalmente obter informação fundamental para a caracterização e comparação de diferentes alternativas de intervenção e projecto a nível de estudos preliminares, planeamento e projecto base. Foi utilizada a formulação de *Keulegan* e o *método de Escoffier* para a análise de estabilidade de embocaduras.

Com os modelos numéricos é possível obter simulações pormenorizadas dos fenómenos hidromorfológicos tendo em conta as interacções não-lineares no espaço e no tempo. Estes modelos permitem a simulação e caracterização detalhadas de alternativas de projecto. Foi utilizado o sistema computacional MIKE 21 desenvolvido pelo DHI Water & Environment.

Utilizando as ferramentas acima indicadas, o estudo efectuado baseia-se na análise dos efeitos combinados dos dois *factores que controlam o regime hidromorfológico da Lagoa de Óbidos*:

- A **morfologia da entrada** e dos seus canais principais. Tomou-se como referência a morfologia observada em Junho de 2000, que corresponde ao levantamento topohidrográfico mais completo e recente. Sobre esta morfologia foram implantados sete canais diferentes, identificados de 0 a 6.

O canal 0 corresponde às condições de Junho de 2000, o canal 1 ao projecto e os canais 2 a 6 correspondem às diferentes alternativas estudadas. Consideraram-se para as secções transversais áreas compreendidas entre 150 e 400 m² sendo, em todos eles, adoptado o traçado do Canal de Projecto.

- A **área líquida** da lagoa. Foram considerados 6 casos identificados de LPI 0 (situação actual) a LPI 5. Os casos LPI 1 a 5 correspondem a diferentes alternativas de expansão da área líquida da lagoa nas suas cabeceiras.

Na *Tabela 1* e na *Figura 3* apresentam-se as diferentes combinações simuladas em modelo matemático, a que correspondem 32 alternativas diferentes. A análise do conjunto total de simulações foi feita de acordo com a seguinte metodologia:

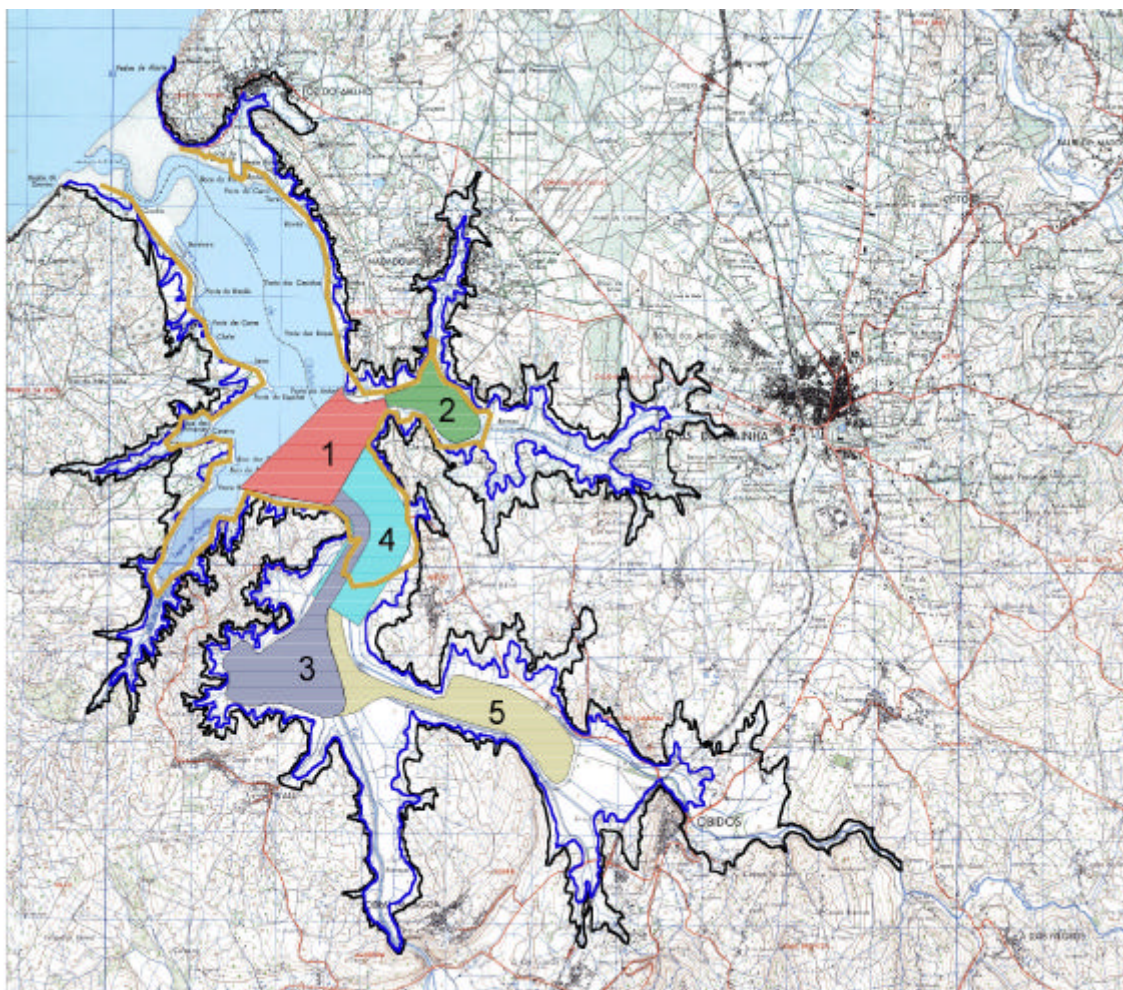


Figura 3 Representação das zonas de dragagem analisadas (LPI 1 a LPI 5)

- Caracterização do regime hidromorfológico da Lagoa de Óbidos na sua situação actual e para diferentes graus de aumento da sua área líquida através da recuperação de zonas das cabeceiras anteriormente pertencentes ao leito da lagoa, de acordo com os seguintes aspectos principais:
 - Regime lagunar;
 - Estabilidade da entrada;
 - Balanço sedimentar.
- Avaliação da melhor solução de compromisso tendo em conta os benefícios ambientais para a Lagoa de Óbidos e as limitações impostas na prática por uma intervenção a realizar, numa perspectiva de longo prazo, em áreas sujeitas a conflitos de interesses.

Tabela 1 Definição de alternativas para simulação e análise

Canal	Área m ²	Rasto m	LPI 0	LPI 1	LPI 2	LPI 3	LPI 4	LPI 5
			10 ⁶ m ²	10 ⁶ m ²	10 ⁶ m ²	10 ⁶ m ²	10 ⁶ m ²	10 ⁶ m ²
			3,2	4,0	3,4	5,0	5,0	6,0
0	136	Jun 2000	✓	✓		✓		✓
1	206	Projecto	✓	✓		✓		✓
2	170	80	✓	✓		✓		✓
3	250	115	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	300	140	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	340	160	✓	✓		✓		✓
6	390	180	✓	✓		✓		✓

3. REGIME LAGUNAR

A análise do regime lagunar foi feita com base nos seguintes elementos:

- Variação do prisma de maré em três secções do canal representativas da evolução ao longo de todo o sistema lagunar: secção da embocadura (S1), secção a meio da zona da entrada (SM) e secção na ligação ao corpo da lagoa (SL). Os cálculos foram feitos recorrendo ao modelo numérico previamente calibrado. Foram consideradas todas as 32 alternativas anteriormente definidas. Os resultados são apresentados na *Tabela 2* e na *Figura 4* ;
- Variação do prisma de maré com a área líquida da lagoa. Os cálculos foram efectuados com o modelo analítico e comparados com os resultados do modelo numérico para três canais alternativos. Os resultados são apresentados em forma gráfica na *Figura 4*. O prisma de maré considerado é relativo à área a montante da secção SL, isto é ao corpo da lagoa e cabeceiras;
- Variação da resistência total ao longo da zona da entrada em função da secção do canal principal e da área líquida da lagoa. Os cálculos foram efectuados com o modelo analítico (Ref. /2/);
- Propagação da maré. Foram consideradas 5 estações representativas das variações observadas nos níveis e correntes ao longo do sistema lagunar. Os resultados foram extraídos das simulações com o modelo numérico (Ref. /2/);
- Efeitos do aumento da área líquida da lagoa e da secção dos canais no regime hidrodinâmico da entrada. Os resultados foram extraídos das simulações com o modelo numérico (Ref. /2/);
- Campos de correntes ao longo de todo o sistema lagunar (Ref. /2/).

Todas as simulações foram efectuadas para condições de amplitude média de maré representativas das condições dominantes na lagoa, correspondentes ao período de 19/02/97 a 21/02/97 (Ref./1/). A análise dos resultados obtidos permite afirmar o seguinte:

- A entrada da lagoa, que aqui se considera abranger toda a zona que se estende desde a embocadura até ao corpo da lagoa (ver *Figura 5*), controla por completo o volume de trocas de água entre a lagoa e o mar em cada ciclo de maré (prisma de maré). Para a morfologia actual, o aumento do prisma de maré é praticamente linear com a secção transversal do canal até valores de cerca de 300 m², observando-se, a partir daí, uma taxa de aumento cada vez menor;
- O prisma de maré total (medido na embocadura) não depende da área líquida interior. No entanto esta determina a distribuição do prisma de maré na lagoa, que por sua vez influencia o regime hidromorfológico da entrada. Para a mesma morfologia da entrada da lagoa, o aumento da área líquida nas cabeceiras reduz o prisma de maré da zona da entrada e aumenta o volume de água que atinge o corpo da lagoa e cabeceiras;
- A perda de energia total ao longo da zona da entrada varia de forma quase-linear com a área da secção transversal do canal principal, podendo considerar-se constante para cada canal já que o prisma de maré permanece também praticamente constante (Ref. /2/);
- O prisma de maré no corpo da lagoa e cabeceiras tem uma evolução assintótica. A partir de valores da área líquida do corpo da lagoa e cabeceiras na ordem dos 8 milhões de m², a taxa de aumento do prisma de maré é desprezável sendo, nas condições actuais, ineficaz o aumento da área líquida da lagoa para além deste valor;

Tabela 2 Prisma de maré em função do canal da entrada e da área líquida da lagoa.

Canal	LPI	S1			SM			SL		
		Área m ²	Tp 10 ⁶ m ³	K 10 ⁵ m ⁻¹	Área m ²	Tp 10 ⁶ m ³	K 10 ⁵ m ⁻¹	Área m ²	Tp 10 ⁶ m ³	K 10 ⁵ m ⁻¹
0	0	136	2,06	6,60	149	1,90	7,84	162	1,73	9,36
	1		2,07	6,57		1,95	7,64		1,79	9,05
	3		2,07	6,57		2,00	7,45		1,85	8,76
	5		2,09	6,51		2,05	7,27		1,90	8,53
1	0	206	3,50	5,89	227	3,35	6,78	247	3,00	8,23
	1		3,57	5,77		3,40	6,68		3,09	7,99
	3		3,55	5,80		3,44	6,60		3,18	7,77
	5		3,54	5,82		3,47	6,54		3,25	7,60
2	0	173	3,03	5,71	190	2,91	6,53	208	2,80	7,43
	1		3,05	5,67		2,95	6,44		2,87	7,25
	3		3,03	5,71		2,96	6,42		2,91	7,15
	5		3,03	5,71		2,98	6,38		2,93	7,10
3	0	252	4,25	5,93	277	4,00	6,93	302	3,60	8,39
	1		4,35	5,79		4,07	6,81		3,74	8,07
	3		4,32	5,83		4,10	6,76		3,89	7,76
	5		4,29	5,87		4,14	6,69		3,98	7,59
4	0	298	4,70	6,34	328	4,45	7,37	358	3,90	9,18
	1		4,83	6,17		4,55	7,21		4,10	8,73
	3		4,88	6,11		4,60	7,13		4,30	8,33
	5		4,79	6,22		4,65	7,05		4,45	8,04
5	0	338	5,10	6,63	371	4,80	7,73	404	4,16	9,71
	1		5,13	6,59		4,87	7,62		4,40	9,18
	3		5,22	6,48		4,96	7,48		4,66	8,67
	5		5,12	6,60		5,00	7,42		4,82	8,38
6	0	388	5,40	7,19	427	5,05	8,46	466	4,42	10,05
	1		5,55	6,99		5,20	8,21		4,65	10,00
	3		5,65	6,87		5,34	8,00		4,90	9,51
	5		5,60	6,95		5,46	7,82		5,09	9,16

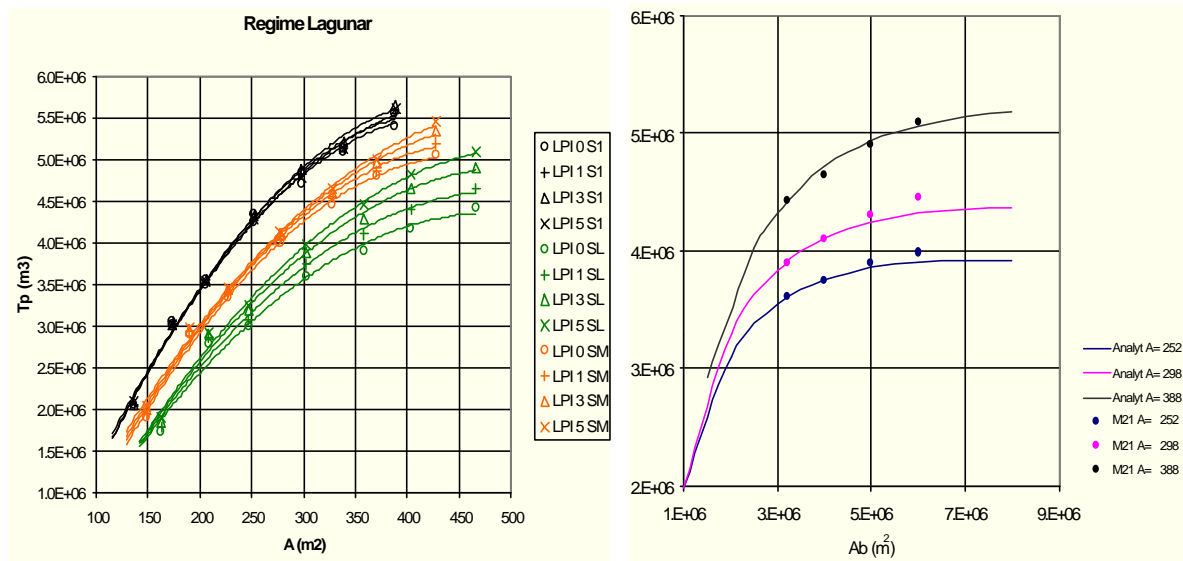


Figura 4 Prisma de maré em função do canal da entrada (A) e da área líquida da lagoa (A_b);

- As maiores perdas de energia dão-se na embocadura, diminuindo a sua influência relativamente às perdas totais da entrada, com o aumento da área da secção transversal. Para as condições actuais observa-se, no entanto, e conforme diagnosticado na Ref. /5/, uma zona preferencial de deposição de sedimentos imediatamente a montante da cortina de estacas-prancha. Após longos períodos sem manutenção, esta e outras zonas localizadas tenderão a assorear e consequentemente introduzirão perdas de energia muito elevadas impedindo o normal funcionamento do canal e provocando uma redução drástica do prisma de maré. À data do levantamento efectuado em Junho de 2000, essa redução atingiu os 40%.

Estes dados e resultados evidenciam e confirmam a absoluta necessidade de se proceder à manutenção regular do canal em concordância com as condições preconizadas no projecto, onde foi recomendada uma manutenção média anual de 100.000 m³, que deverá ser assegurada preferencialmente antes do início da estação de Inverno. Salienta-se que os volumes de sedimentação observados após um ano da dragagem de estabelecimento do canal confirmam a estimativa do projecto (Refs. /1/ e /2/).

É ainda importante referir que a ausência de manutenção do canal entre Junho de 1999 e Junho de 2001 implicou, como é óbvio pela observação da *Figura 5* e pelos valores apresentados na *Tabela 2*, o regresso a um regime de funcionamento da entrada da lagoa equivalente ao que prevalecia antes da sua execução, com a conseqüente migração da embocadura para Sul observada no Inverno 2000-2001. Durante o Inverno de 1999-2000, em que o canal se encontrava ainda a funcionar de acordo com o previsto no projecto, a embocadura manteve-se numa posição central dentro da área de migração prevista;

- A manutenção do canal de acordo com a geometria prevista no projecto permite que as correntes de vazante passem a ser dominantes até às proximidades das secções S4 e S5, isto é, aproximadamente até junto da ponte-cais. Sem alterar a área líquida da lagoa é possível melhorar significativamente o regime hidrodinâmico através do aumento da secção transversal do canal até um valor de aproximadamente 200 m² (secção média entre os canais 2 e 3), que corresponde ao valor de projecto. Para secções maiores, a relação entre a enchente e a vazante não se altera ao longo da maior parte da extensão do canal, sendo inclusivamente pior na embocadura;

- O aumento da área líquida da lagoa tem ao longo de todo o canal o efeito de intensificar as correntes de vazante relativamente às correntes de enchente, o que se fica a dever a uma conjugação complexa de factores, nomeadamente:
 - Aumento do prisma de maré interior, a montante da secção SL;
 - Elevação do nível de baixa-mar no interior da lagoa;
 - Aumento do percurso e duração do escoamento durante a vazante;
- De um ponto vista estritamente hidrodinâmico, a situação mais favorável corresponde à conjugação de um canal com uma secção transversal na ordem dos 300 m² (Canal 4) com uma área líquida interior mínima de 5.000.000 m² (LPI 3). Nestas condições conseguem-se os maiores incrementos das correntes de vazante relativamente à enchente em toda a extensão do canal até à zona compreendida entre as secções S5 e S6 (aproximadamente 250 metros a montante da ponte-cais), com correntes máximas da ordem de 1m/s;

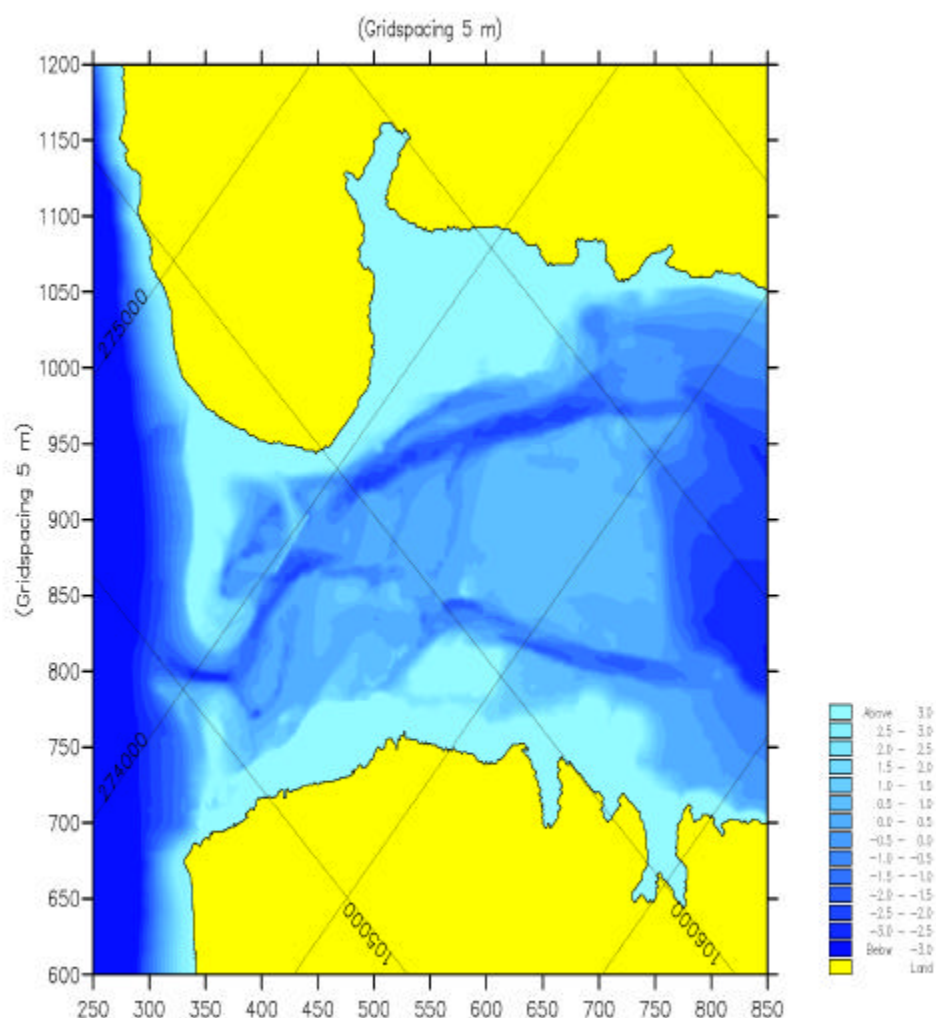


Figura 5 Morfologia da entrada da Lagoa de Óbidos. Batimetria gerada pelo modelo matemático MIKE21 a partir de sondas do levantamento efectuado pelo Instituto Hidrográfico em Junho de 2000 (Ref. /1/).

4. ESTABILIDADE DA ENTRADA

As embocaduras lagunares apresentam em geral grande variabilidade no que se refere às suas dimensões e regime de funcionamento. Algumas estão sujeitas a rápida migração com episódios de fecho e reabertura naturais enquanto outras são relativamente estáveis e permanentes.

O regime de uma embocadura resulta da interação de diversos agentes, nomeadamente a agitação marítima, as correntes e níveis de maré e o vento, dependendo as suas dimensões e estabilidade da intensidade relativa destes agentes. Durante a enchente, os sedimentos litorais são transportados sobre os bancos exteriores e através da embocadura, depositando-se uma parte no seu canal e outra parte nos bancos interiores. Durante a vazante estes sedimentos são parcialmente ou na sua totalidade transportados de volta para os bancos exteriores onde se depositam ou continuam o seu movimento de deriva litoral.

Se os processos acima descritos se compensarem periodicamente, desenvolve-se um regime de equilíbrio dinâmico com balanço sedimentar nulo e alterações morfológicas pouco significativas. No entanto, em muitos casos, quer os bancos exteriores quer os bancos interiores tendem a crescer, levando ao aumento do comprimento do canal da embocadura. Um maior comprimento do canal implica correntes de menor intensidade por via da redução do prisma de maré e, conseqüentemente, a capacidade de transporte sedimentar será também inferior.

Deste modo pode desenvolver-se uma tendência para a redução progressiva da área da secção transversal do canal e da troca de água entre a lagoa e o mar. A estas tendências de evolução a longo prazo sobrepõe-se flutuações da secção transversal, da forma e dimensões dos bancos exteriores e interiores, que reflectem não só alterações sazonais dos agentes costeiros mas também a periodicidade da maré astronómica e a aleatoriedade dos agentes atmosféricos. Condições meteorológicas extremas podem ocasionar alterações muito rápidas e intensas na configuração de uma embocadura. Em particular, a área da secção transversal durante uma tempestade aumentará ou diminuirá em função do valor relativo entre o transporte litoral e a capacidade de transporte ao longo do seu canal. Após uma súbita diminuição ou aumento da área da secção transversal do canal da embocadura, e desde que a área se mantenha acima dum valor crítico, o canal voltará naturalmente à sua configuração de equilíbrio. Caso contrário a embocadura tenderá a fechar.

Um bom indicador da capacidade de transporte em embocaduras é a máxima tensão tangencial no fundo τ_{max} que é dada por $\tau_{\text{max}} = \tilde{\alpha} \tilde{\eta} F u^2$, sendo F o coeficiente de atrito de fundo, u a intensidade da corrente no canal da embocadura e $\tilde{\eta}$ a densidade da água. O valor de u pode ser calculado a partir do modelo analítico de Keulegan. A variação típica da tensão tangencial é função da área do canal da embocadura A , do seu comprimento L , do factor de atrito de fundo k e do factor m que representa as perdas de carga na entrada e na saída do canal da embocadura. Para uma dada maré oceânica, superfície lagunar e forma da secção transversal do canal da embocadura, demonstra-se que, para um sistema lagunar com apenas uma embocadura, a intensidade máxima da corrente u (média integrada na embocadura) e a correspondente tensão tangencial de fundo τ_{max} são função dominante de A e função fraca de L , k e m .

A forte dependência de τ_{max} relativamente a A , explica o facto de as embocaduras responderem aos agentes actuantes fundamentalmente através de alterações da sua secção transversal. A função τ_{max} expressa em função da área da embocadura, é aqui designada por "Função de Estabilidade de Embocaduras" (Closure Curve), e constitui a base de aplicação do método de Escoffier.

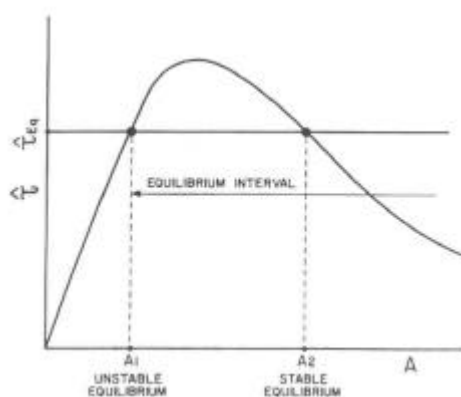


Figura 6 Diagrama de Escoffier

Em condições de equilíbrio dinâmico a tensão tangencial máxima no fundo durante um ciclo de maré recebe a designação de tensão de equilíbrio e designa-se por α_{eq} . Quando a embocadura não está em equilíbrio com as condições hidráulicas tenderá a ajustar as suas dimensões até que $\alpha = \alpha_{eq}$. Para $\alpha < \alpha_{eq}$ a embocadura estará sujeita a um processo de sedimentação. Para $\alpha > \alpha_{eq}$ a embocadura terá tendência a sofrer erosão com transporte de sedimentos para fora do seu canal.

De acordo com o diagrama de Escoffier representado na *Figura 6*, ambas as áreas A1 e A2 representam áreas de equilíbrio. No entanto a área A1 respeita a uma situação de *equilíbrio instável* e a área A2 a uma situação de *equilíbrio estável*. Este comportamento é evidente através da análise dos valores relativos das tensões tangenciais efectiva e de equilíbrio. A embocadura permanece numa situação de equilíbrio dinâmico desde que a sua área seja superior a A1. O equilíbrio é tanto mais estável quanto maior for a diferença entre as áreas A1 e A2. A tensão de equilíbrio pode ser calculada através da seguinte expressão (Ref. /2/):

$$t_{eq} = \frac{\rho^2 r F C_k^2}{T^2} K_0^{-2} \quad (1)$$

em que F é o factor de atrito, C_k uma função do coeficiente de reflexão, T o prisma de maré e K_0 o factor de proporcionalidade entre a área da secção transversal e o prisma de maré em condições de equilíbrio dinâmico. Vários autores estabeleceram fórmulas empíricas para determinar o factor de proporcionalidade K_0 , sendo as mais conhecidas

$$\text{O'Brien} \quad A_{eq} = 6.60 \times 10^{-5} T p \quad (2.1)$$

$$\text{Jarrett} \quad A_{eq} = 3.78 \times 10^{-5} T p^{1.03} \quad (2.2)$$

$$\text{Van de Kreeke} \quad A_{eq} = 1.17 \times 10^{-4} T p^{0.97} \quad (2.3)$$

Estas fórmulas foram todas estabelecidas em embocaduras onde se fazem sentir os efeitos combinados de correntes fortes de maré e da agitação marítima, o que implica a presença de sedimentos de granulometria grosseira, normalmente da ordem de 1mm ou superior. No caso da Lagoa de Óbidos, o canal que liga a embocadura ao corpo da lagoa tem um comprimento de cerca de 2 km, ao longo dos quais se observa uma variação importante do diâmetro médio dos sedimentos. Com base em dados obtidos ao longo de toda a entrada, verificou-se que o coeficiente de proporcionalidade K_0 é função do diâmetro médio dos sedimentos (Ref. /2/), sendo para a Lagoa de Óbidos aproximadamente dado por

de cerca de 2 km, ao longo dos quais se observa uma variação importante do diâmetro médio dos sedimentos. Com base em dados obtidos ao longo de toda a entrada, verificou-se que o coeficiente de proporcionalidade K_0 é função do diâmetro médio dos sedimentos (Ref. /2/), sendo para a Lagoa de Óbidos aproximadamente dado por

$$K_0 = (-20d_{50} + 21) \times 10^{-5} \text{ m}^{-1} \quad (3)$$

Esta função e os dados de base são reproduzidos a partir da Ref. /5/ na figura ao lado. A variabilidade de K_0 ao longo do canal é evidenciada pelos resultados apresentados na *Tabela 2*, em que se pode observar um aumento desde a embocadura (secção S1, diâmetro médio aproximado 0.75 mm) até ao corpo da lagoa (secção SL, diâmetro médio aproximado 0.45 mm), de acordo com o previsto na função acima apresentada. Em ambos os casos verifica-se concordância com os valores propostos por *O'Brien* para embocaduras. Para efeitos de análise de estabilidade da embocadura da Lagoa de Óbidos foram adoptados os seguintes valores e critérios:

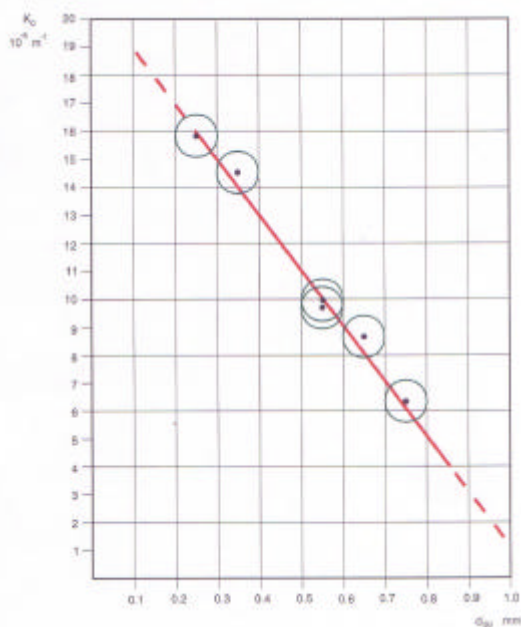


Figura 7 Factor K_0 para a entrada da Lagoa de Óbidos

- *Canal*: comprimento 2000 metros, secção trapezoidal constante;
- *Prisma de maré*: calculado na secção de entrada no corpo da lagoa, SL;
- *Perdas de energia na entrada* : funções *m* calibradas com o modelo numérico;
- *Factor de atrito no canal*: $n = 0.03$;
- *Maré*: sinusoidal, amplitude média 1 metro; período 44700 segundos;
- *Condições de equilíbrio*: secção representativa SM; K_0 entre 0.7×10^{-5} e 0.8×10^{-5}

Os resultados dos cálculos são apresentados graficamente na *Figura 8* Por forma a facilitar a interpretação, optou-se por expressar a tensão tangencial máxima em termos da velocidade máxima associada. Da análise destes resultados, e tendo em conta toda a informação disponível sobre o sistema lagunar, podem extrair-se as seguintes conclusões:

- Nas condições morfológicas actuais da Lagoa de Óbidos, a área da secção transversal do canal principal que se desenvolve ao longo da sua entrada, apresenta um intervalo de variação possível entre 100 e 250 m² aproximadamente. Qualquer dragagem que estabelecesse um canal com uma secção transversal de área superior a 250 m² seria ineficaz já que as tensões tangenciais seriam inferiores às tensões tangenciais de equilíbrio e o canal sedimentaria rapidamente, em qualquer circunstância, até se reduzir para uma área aproximada de 250 m²;
- Por outro lado, a Lagoa de Óbidos não se encontra em equilíbrio morfológico devido à redução da sua área líquida nas cabeceiras, e em consequência as correntes de enchente são dominantes ao longo da sua entrada. Assim sendo, nas condições actuais, mesmo para secções com áreas no intervalo 100 a 250 m² as tensões tangenciais provocam o transporte dos sedimentos para montante e portanto, qualquer que seja a área da secção transversal do canal, este tenderá a sedimentar naturalmente. A experiência de observação e os dados mostram que o canal tende para uma secção crítica na ordem dos 100 m² com intensificação das correntes junto à embocadura. Esta intensificação mantém a embocadura aberta mas numa situação instável, já que uma perturbação exterior poderá desencadear rapidamente o processo de fecho. Por outro lado a mesma intensificação das correntes é responsável pela sua maior tendência para migrar, já que se geram zonas localizadas de intensa erosão;
- Conforme se pode observar na *Figura 8* o canal de secção constante equivalente ao Canal de Projecto, é da ordem dos 200 m². Este valor situa-se próximo das condições ideais de equilíbrio dinâmico e a sua adopção correspondeu a um compromisso entre a necessidade de manutenção, e os objectivos de reduzir o risco de fecho da embocadura e de promover uma maior troca de água entre a lagoa e o mar até futuras intervenções previstas no Plano de Gestão Ambiental estarem implementadas.
- A única possibilidade de tornar a entrada da Lagoa de Óbidos mais estável, diminuindo simultaneamente o risco de fecho e o esforço de manutenção do seu canal principal e da embocadura, é através da reabilitação do seu equilíbrio morfológico. Conforme anteriormente justificado esse equilíbrio depende da área líquida da lagoa, nomeadamente na zona das cabeceiras, podendo-se concluir a partir do gráfico da *Figura 8*, que o aumento da área líquida da lagoa tem uma enorme influência na estabilidade da sua entrada;
- Na análise de estabilidade efectuada considerou-se como limite para a área de dragagem das cabeceiras o valor de 2.800.000 m² a que corresponde uma área total do corpo da lagoa e cabeceiras de 6.000.000 m². Os critérios adoptados para a definição deste valor foram os seguintes:
 - Nas condições actuais o aumento da área líquida só tem efeitos significativos na distribuição interior do prisma de maré para valores até cerca de 8.000.000 m² (corpo e cabeceiras), sendo pouco significativos entre 6.000.000 e 8.000.000 m²;
 - A análise das condições no terreno mostram que será pouco viável uma intervenção para além da área considerada na alternativa LPI 5, a que corresponde uma área total líquida de 6.000.000 m².

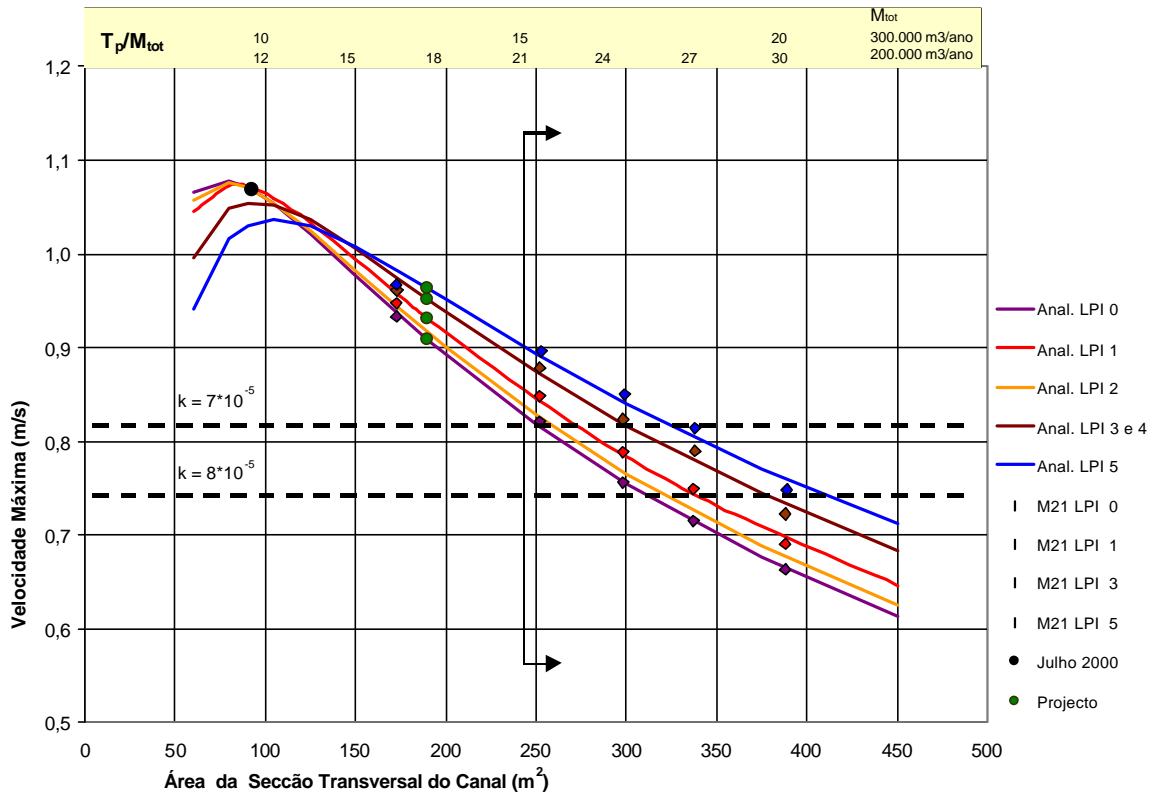


Figura 8 Análise de estabilidade da Lagoa de Óbidos

A análise do conjunto de *Funções de Estabilidade* apresentadas no gráfico da Figura 8 permite ainda concluir o seguinte:

- Para aumentar a secção transversal de equilíbrio do canal, é necessário aumentar a área líquida da lagoa. A dragagem correspondente à alternativa LPI 5 permite o aumento da área limite de equilíbrio para um valor aproximado de 400 m². Para além disso, como se mostrará na análise do balanço sedimentar apresentada no capítulo seguinte, o aumento da área líquida da lagoa permitirá melhorar as condições de auto-limpeza do canal e de estabilidade da embocadura;
- O maior ganho relativo em termos do regime de funcionamento da entrada da lagoa, corresponde à dragagem da alternativa LPI 3, que deverá ser considerada como o objectivo mínimo de intervenção com vista à reabilitação do sistema lagunar;
- A partir da concretização das dragagens relativas à alternativa LPI 1, deverá ser garantida através de manutenção, uma área mínima de 200 m² para a secção transversal do canal. À medida que a área líquida da lagoa for aumentando reduzir-se-á a necessidade de manutenção do canal. O valor actual previsto de 100.000 m³ pode ser considerado como limite médio máximo anual da manutenção a realizar;
- Para a mesma área de dragagem os efeitos no funcionamento morfológico da entrada são tanto maiores quanto mais a montante se situar a zona dragada. A identificação deste importante mecanismo foi determinante para a estratégia de dragagem proposta (Ref. /3/). Conforme se apresenta na Figura 11, optou-se pela dragagem de zonas localizadas com maior apetência para funcionarem como bacias lagunares, ligadas entre si por um sistema de canais, evitando-se assim a dragagem de zonas muito extensas e todos os problemas daí decorrentes.

Para concluir a análise de estabilidade, foi ainda calculado o indicador proposto por *Bruun* e *Gerritsen*, que se baseia na relação entre o prisma de maré (T_p) e o volume total de sedimentos (M_{tot}) de origem marinha que afluem à embocadura por efeito dos agentes litorais e das correntes de maré na enchente. Seguindo o critério utilizado no projecto e considerando como secção de controle a secção 2 (cerca de 200 metros a montante da ligação ao mar), estima-se que entrem anualmente na Lagoa de Óbidos 200.000 a 300.000 m^3 de sedimentos.

Entrando com os valores dos prismas de maré calculados chega-se à conclusão que o intervalo de valores da entrada da Lagoa de Óbidos para o critério de *Bruun* e *Gerritsen* se situa entre 10 e 30, conforme se apresenta na escala superior do gráfico da *Figura 8*. Presentemente o valor do indicador é de aproximadamente 10, o que mostra que a situação actual é claramente instável, podendo a embocadura fechar em qualquer altura. Para a situação de projecto o indicador aproxima-se do valor referencial de 20, a partir do qual se inicia um regime que corresponde à existência de um banco exterior que funciona como suporte para a transposição do transporte litoral. A entrada neste regime parece só ser clara a partir de valores da área da secção transversal de 250 m^2 .

Tendo presente a incerteza associada à utilização deste tipo de indicador geral, pode-se no entanto dizer que os valores obtidos sugerem que a situação típica de lagoas de pequenas dimensões, que em condições de equilíbrio natural desenvolvem canais através do banco exterior, poderá apenas ser atingida, no caso da Lagoa de Óbidos, através de canais na entrada de relativamente grandes dimensões, isto é, acima de 400 m^2 de área da sua secção transversal. Pela observação do gráfico da *Figura 8* conclui-se ainda que, para canais destas dimensões serem estáveis, a área líquida da lagoa terá de ser pelo menos na ordem dos 6.000.000 m^2 . Considerando que a Lagoa de Óbidos num passado recente apresentava uma área líquida da ordem dos 10.000.000 m^2 , torna-se claro que o regime natural desta lagoa deverá apresentar as seguintes características gerais:

- Embocadura e canal da entrada com uma secção transversal média na ordem dos 500 m^2 ;
- Área líquida do corpo da lagoa e cabeceiras da ordem dos 10.000.000 m^2 ;
- Relação entre o prisma de maré e o ingresso de sedimentos costeiros na ordem de 50, a que corresponde um banco exterior bem desenvolvido atravessado por canais de vazante. Este banco funcionaria como suporte para a transposição de sedimentos litorais contribuindo para a estabilidade da embocadura;
- Nestas condições, os bancos interiores não atingiriam uma extensão tão grande quanto a observada presentemente, decorrendo daí a diminuição do comprimento do canal e das perdas de carga ao longo da zona da entrada. Em consequência o prisma de maré seria suficientemente maior para tornar a vazante dominante ao longo de toda a zona de entrada e, conseqüentemente, garantir o equilíbrio dinâmico do sistema lagunar. Conforme se justificará no Capítulo seguinte, para canais na ordem dos 400 m^2 , a capacidade de transporte durante a vazante deverá ser suficiente para transportar para fora da lagoa um volume de sedimentos superior àquele que em média entra pelo efeito combinado da agitação marítima e das correntes de enchente.

5. BALANÇO SEDIMENTAR

A análise de estabilidade efectuada reflecte a resposta da área de entrada de um sistema lagunar, tendo em conta as características dos sedimentos existentes no sistema. Não foi no entanto considerada a influência de fontes exteriores de sedimentos. Neste caso, o transporte litoral em frente da embocadura constitui uma fonte de sedimentos importante, que pelo efeito combinado da agitação marítima e das correntes de maré na enchente, origina a entrada na lagoa de grande quantidade de sedimentos que se depositam nos seus canais e bancos interiores. Para que uma determinada configuração morfológica seja estável é necessário que, para além de verificar os critérios de estabilidade anteriormente usados, o regime hidromorfológico seja em média capaz de transportar para fora do sistema lagunar a mesma quantidade de sedimentos exógenos que nele entram num determinado período de tempo.

Para fazer esta análise é necessário caracterizar a capacidade de transporte sedimentar ao longo de todo o canal principal, tendo em conta os factores que controlam o regime hidromorfológico (área da secção transversal do canal e área líquida total da lagoa). Para este efeito foi aplicado o modelo numérico bidimensional *MIKE 21 ST*, sobre a mesma malha de cálculo utilizada no modelo hidrodinâmico. Os cálculos foram efectuados em regime variável numa malha de 5 m de lado e com um passo de cálculo de 10 segundos, tendo em conta as correntes e níveis de maré e as características dos sedimentos de fundo. Através da integração dos resultados no espaço e no tempo é possível obter o balanço sedimentar em quaisquer pontos e períodos seleccionados.

Os resultados para as condições actuais (área líquida do corpo da lagoa e cabeceiras 3.200.000 m², LPI 0) e para o Canal de Projecto são apresentados na *Tabela 3*. A partir do transporte sedimentar integrado em cada secção foi estimado o balanço sedimentar para todos os troços definidos pelas secções de projecto indicadas. Para efeitos de calibração foram seleccionados os troços 6 e 7 como representativos, já que se pode considerar que os sedimentos exteriores nunca atingem estes troços em suspensão. Esta hipótese apoia-se na análise da excursão experimentada pelos sedimentos entrados durante um período de enchente, anteriormente efectuada com um modelo de partículas (Ref. /5/). Comparando o balanço sedimentar calculado e medido a partir do levantamento topohidrográfico efectuado em Dezembro de 1999, obteve-se um factor de calibração de 0.8. Os valores relativos a erosão são aqui convencionados como positivos, já que traduzem a capacidade de auto-limpeza do canal, e os relativos a deposição são representados com valor negativo.

A análise efectuada, relativa a um período de 6 meses, aponta para um volume de cerca de 150.000 m³ de sedimentos entrados na lagoa e depositados no canal. Tendo em conta que as taxas de sedimentação diminuem à medida que a sedimentação se processa (considerando como ponto de partida uma alteração inicial do sistema que neste caso corresponde à dragagem do canal), admite-se que nos 6 meses seguintes, a taxa de sedimentação seria cerca de 50% da já observada. Para ter em conta a incerteza desta estimativa considerou-se que o volume total de sedimentos entrados na Lagoa de Óbidos varia em média entre os 200.000 e os 300.000 m³ por ano.

Tabela 3 Balanço sedimentar da Lagoa de Óbidos.

Secções Transversais		Transporte Sedimentar Modelo (10 ³ m ³ /sem)		BALANÇO SEDIMENTAR (10 ³ m ³ /semestre)				
Modelo	Levant. Dez 99	Morfologia		Troço	Modelo A	Calibração B=Ax0.8	Levant. Dez. 99 C	M _{total} C-B
		Fev 1997	Dez 2000					
2	P7	113	99	1	24	19	-17	-36
3	P12	77	75	2	26	21	-21	-42
4	P18	48	49	3	37	30	-11	-41
5	P22	29	12	4	17	14	-7	-21
6	P30	10	-5	5	17	14	-3	-17
7	P34		-22	6	-5	-4	-4	0
8	P42		-17	7	-16	-13	-13	0
9	P49		-1					
							Total	-157

Na *Figura 9* apresenta-se a distribuição do transporte sedimentar médio anual, calculado ao longo do canal principal, para as principais alternativas que interessa considerar. Da análise destes resultados pode concluir-se o seguinte:

- A capacidade de transporte ao longo do canal principal aumenta quer com a área da secção transversal do canal quer com a área líquida interior da lagoa. Para a morfologia actual e para o canal de projecto, o balanço de transporte sedimentar é de cerca de 150.000 m³, inferior ao volume de sedimentos marinhos que em média se estima que entrem na Lagoa de Óbidos;
- Sem aumentar a área líquida da lagoa, isto é considerando a alternativa LPI 0, seria possível através do aumento da área da secção transversal do canal de 200 m² (secção constante equivalente ao canal de projecto) para cerca de 350 m², obter um balanço de transporte sedimentar equivalente ao volume de sedimentos entrados na lagoa. No entanto, observando a *Função de Estabilidade* apresentada na *Figura 8* pode verificar-se que não seria viável manter esta secção já que a área de equilíbrio estável é inferior a 300 m²;
- Consequentemente não é possível restabelecer o equilíbrio morfológico da entrada da Lagoa de Óbidos sem proceder ao aumento da sua área líquida, o que só poderá ser conseguido através da dragagem das cabeceiras tal como preconizado no diagnóstico efectuado no Plano de Gestão Ambiental;

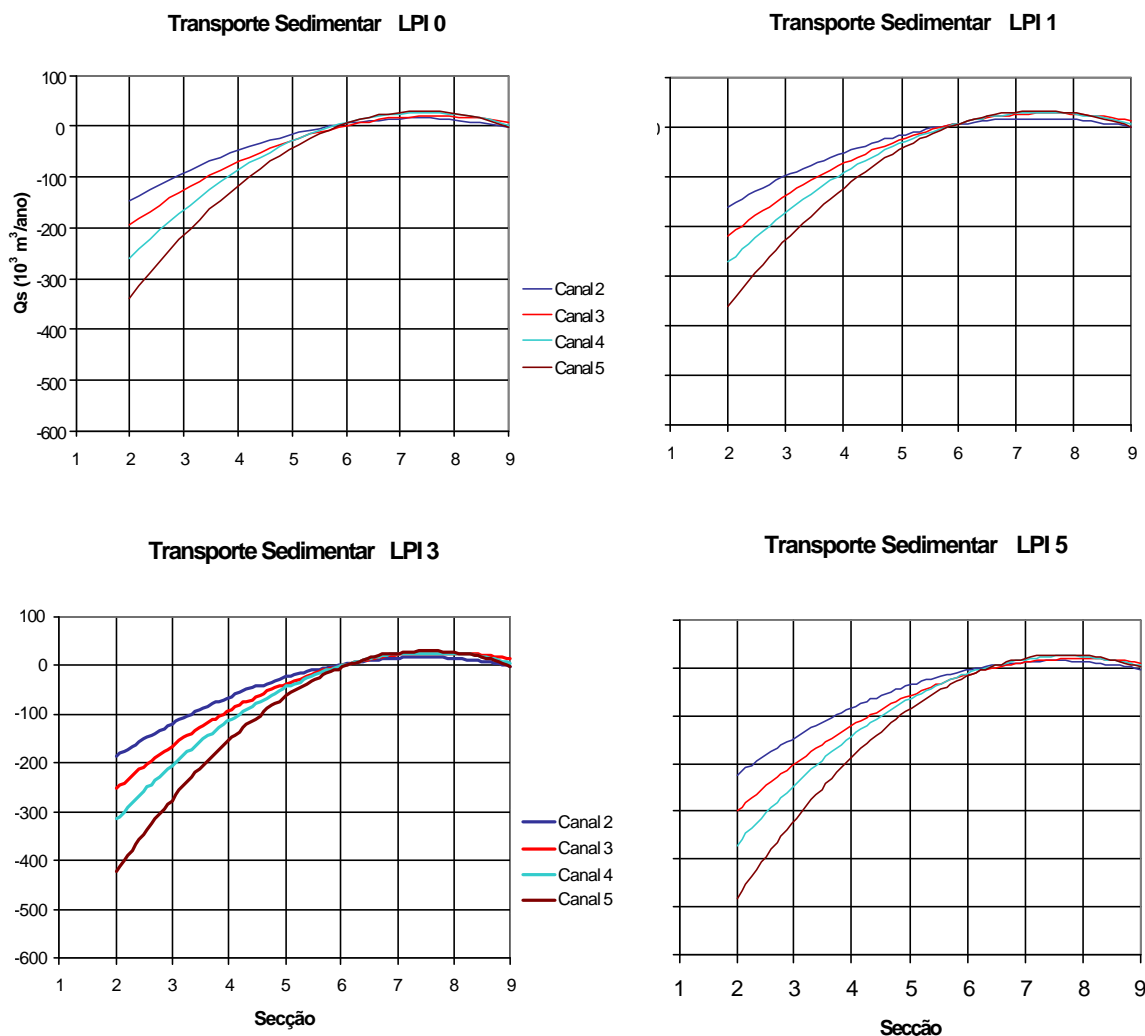


Figura 9 Transporte sedimentar na entrada da Lagoa de Óbidos

- Devido ao contínuo desequilíbrio morfológico da entrada da lagoa, desenvolveu-se um extenso banco interior cujo crescimento é visível nas últimas décadas, implicando uma redução progressiva do corpo da lagoa e um aumento do comprimento do canal principal. Os cálculos efectuados mostram que não é possível, em nenhuma circunstância, obter dominância da vazante no seu troço mais a montante, entre as secções 7 e 9, embora o aumento da área líquida nas cabeceiras permita reduzir a área afectada pela dominância da enchente;
- Destes resultados pode-se inferir que a dimensão do banco interior é incompatível com o equilíbrio morfológico da entrada na sua parte de montante, sendo necessário reduzir em devido tempo a sua dimensão. Por outro lado, dada a complexidade do problema em causa e tratando-se de um factor de 2ª ordem no que respeita à reabilitação do equilíbrio morfológico da entrada da lagoa, não se recomenda qualquer intervenção no banco enquanto não forem aprofundados os conhecimentos sobre todos os processos que influenciam e determinam o seu funcionamento.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nas análises e resultados apresentados nos capítulos anteriores, pode afirmar-se que a Lagoa de Óbidos se encontra actualmente numa situação de grave degradação ambiental, com as seguintes características principais:

- Área líquida total de aproximadamente metade da que corresponde às suas condições de equilíbrio natural. A causa da redução da área líquida é a ocupação humana das margens e cabeceiras, de que são testemunho inequívoco os muitos quilómetros de diques e as inúmeras construções que se fizeram e continuam a fazer sobre as dunas das suas margens e sobre áreas retiradas ao seu leito;
- Ocupação e usos das áreas envolventes que originam um aumento da erosão superficial e a entrada em excesso de sedimentos, nutrientes e poluentes que ficam retidos no corpo da lagoa contribuindo progressivamente para a redução da sua área, do seu volume e da qualidade das suas águas;
- Dominância da enchente sobre a vazante em praticamente toda a extensão da sua entrada, da qual resulta um balanço sedimentar de deposição de sedimentos marinhos no seu interior com conseqüente crescimento dos bancos e estrangulamento dos seus canais;
- Embocadura com uma área de secção transversal perto do seu limite crítico de estabilidade apresentando, por isso, grande risco de fecho e tendência para migração;

A curto e médio prazos, é necessário proceder á manutenção do canal de projecto durante um período de transição, até estarem concretizadas as medidas propostas no Plano Geral de Dragagens apresentado ao INAG em Dezembro de 2000. Sem essa manutenção continuarão a prevalecer as condições acima descritas. Esta recomendação fazia já parte do Plano de Gestão Ambiental e os últimos estudos confirmam as conclusões e estratégia então apresentadas.

A manutenção do canal de projecto assegura uma troca de água com o mar cerca de 40% superior à que ocorre nas condições do regime actual, e melhora significativamente a estabilidade da embocadura. Durante o Inverno de 1999-2000, em que ainda se mantinham os efeitos da dragagem de estabelecimento concluídas em Maio de 1999, a embocadura não sofreu migração significativa. No Inverno de 2000-2001, a sedimentação registada e prevista após 18 meses sem manutenção, repôs as condições anteriores à obra tendo-se observado em consequência uma migração acentuada do canal para Sul, com forte erosão da margem. Sobre a primeira dragagem de manutenção efectuada pelo INAG em Maio/Junho de 2001, não se dispõe de elementos técnicos que permitam tirar conclusões sobre a sua eficácia. No entanto, durante as breves observações expeditas solicitadas pelo INAG, foram apontados factores de risco, nomeadamente no que se refere ao faseamento adoptado pelo INAG que conduziu á abertura da embocadura antes de estar concluída a dragagem do canal (Ref. /7/).

Em face dos objectivos de protecção definidos para a margem Sul, e de não ser possível eliminar a curto e médio prazos o risco de migração observado, recomenda-se o estudo e implementação duma solução análoga à adoptada para protecção da margem Norte.

Na posse de todos os elementos técnicos apresentados neste trabalho, procurou-se definir um critério de decisão objectivo para determinar a área líquida mínima da Lagoa de Óbidos que permita a sua reabilitação. Esse critério pode ser formulado nos seguintes termos:

Para que extensão da área líquida e para que configuração e dimensões do canal da entrada e da embocadura, é possível restabelecer o equilíbrio hidromorfológico da Lagoa de Óbidos?

O estudo efectuado aponta para a seguinte solução:

Área mínima do corpo e cabeceiras da lagoa: 6.000.000 m²

Secção transversal do canal: 350 m²

Com esta solução deverá ser possível obter um balanço sedimentar na entrada da ordem dos 400.000 a 500.000 m³ por ano (superior ao volume estimado de sedimentos que entram anualmente na lagoa 200.000 a 300.000 m³ por ano), em condições compatíveis com a estabilidade da embocadura.

No entanto, uma alternativa de dragagem de 5.000.000 m² nas cabeceiras combinada com um canal de 300 m² é equivalente do ponto de vista de estabilidade e deverá permitir obter um balanço sedimentar aproximadamente igual ao volume de sedimentos entrados da lagoa. Todavia, dada a incerteza inerente à análise de processos sedimentares com a complexidade do caso da Lagoa de Óbidos, esta alternativa só poderá ser considerada suficiente se a observação da evolução da obra confirmar que este nível de intervenção satisfaz os objectivos de reabilitação da lagoa.

A decisão a tomar deverá depender não só da possível redução dos custos de manutenção da entrada em resultado de uma maior área líquida, mas também da relação entre os vários tipos de custos e benefícios daí decorrentes. Em qualquer circunstância, será sempre necessário garantir pelo menos esta alternativa propondo-se, por isso, uma estratégia de intervenção baseada em duas fases:

- 1ª Fase:

Área líquida do corpo e cabeceiras da lagoa: 5.000.000 m² ;

Área média da secção transversal do canal: 300 m² ;

Área mínima da secção transversal do canal: 250 m² ;

Volume de dragagem previsto: 9.200.000 m³ .

- 2ª Fase:

Área líquida do corpo e cabeceiras da lagoa: 6.000.000 m² ;

Área média da secção transversal do canal: 350 m² ;

Área mínima da secção transversal do canal: 300 m² ;

Volume de dragagem previsto: 4.500.000 m³ .

Este faseamento insere-se na estratégia proposta para o Plano Geral de Dragagens, que assenta em cinco componentes fundamentais que foram já descritas no Capítulo 1:

- Adopção de uma Linha de Perímetro Interno;
- Dragagem das cabeceiras da Lagoa de Óbidos;
- Regularização de toda a zona da entrada e da embocadura;
- Dragagens de manutenção;
- Monitorização hidrográfica de toda a Lagoa dentro da Linha de Perímetro Interno;

Na Figura 10 apresenta-se o traçado da Linha de Perímetro Interno proposta e na Figura 11 a configuração final das dragagens propostas.

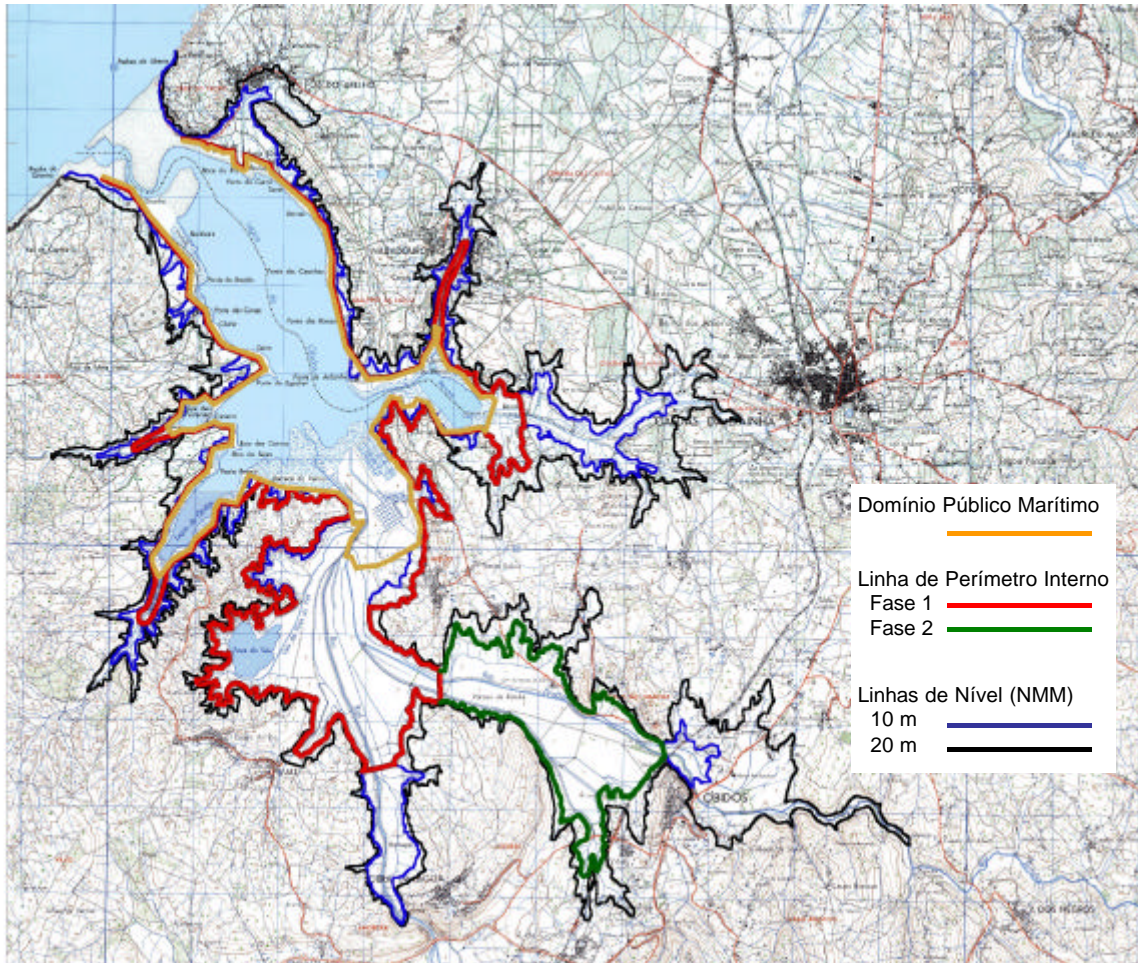


Figura 10 Definição da Linha de Perímetro Interno da Lagoa de Óbidos

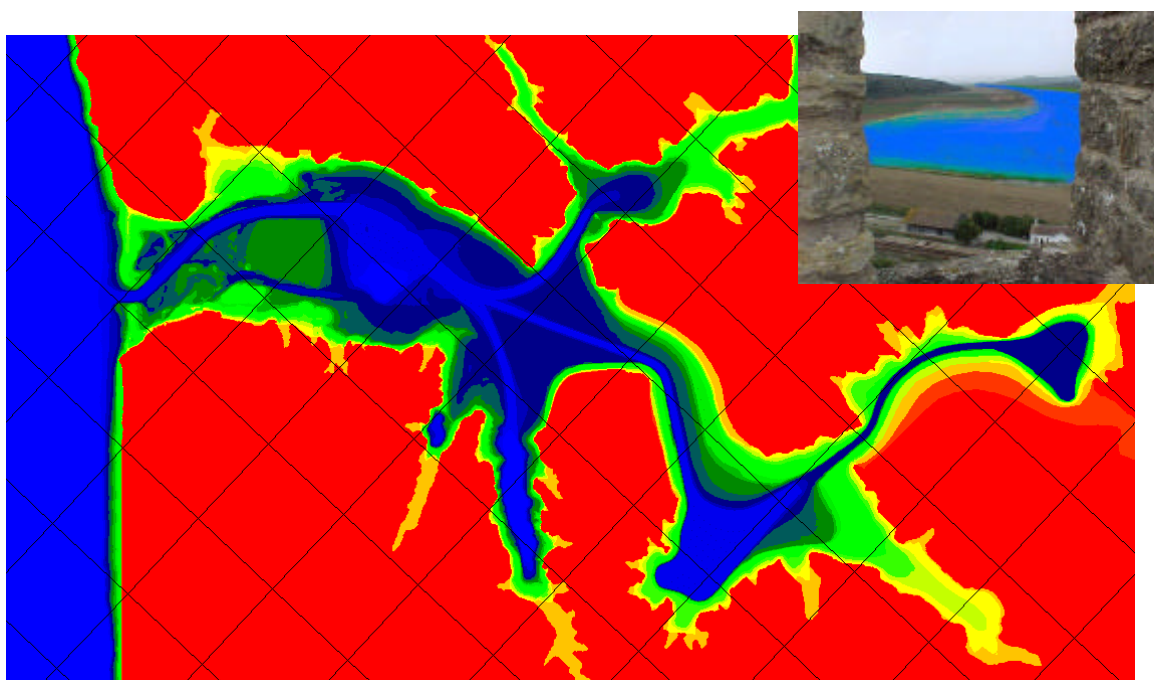


Figura 11 Plano Geral de Dragagens proposto para a reabilitação da Lagoa de Óbidos
 Simulação da vista do Castelo de Óbidos após implementação das dragagens propostas

Salienta-se os seguintes aspectos do Plano Geral de Dragagens proposto:

- As dragagens a efectuar nas cabeceiras incidem sobre uma pequena parte da área que constitui o anterior leito natural da lagoa. A solução adoptada baseia-se na dragagem de duas bacias, uma na actual Poça do Vau e outra junto à vertente Leste da colina do Castelo de Óbidos, ligadas entre si e ao corpo da lagoa por canais. O conceito tem contrapartida no próprio sistema natural através das bacias existentes da Barrosa e do Bom Sucesso, ao longo de cujas áreas de acesso se deverão igualmente dragar canais, por forma a melhorar as trocas de água destas bacias com o corpo da lagoa;
- O sistema de bacias e canais resultante reflecte as características de funcionamento do sistema lagunar da Lagoa de Óbidos, constituindo assim uma solução que permite atingir os objectivos de recuperação do equilíbrio morfológico da entrada e de reabilitação ambiental da lagoa a longo prazo, minimizando, ao mesmo tempo, o esforço de intervenção;
- A bacia principal a dragar foi localizada na Poça do Vau que constitui uma depressão onde ainda muito recentemente (1964, data dos trabalhos de campo para elaboração da Folha 338 da Série M888 da Carta Militar de Portugal, 1:25.000) existia um lago que constitui o que resta da lagoa após ocupação e enchimento do vale onde correm os Rios Rial e Arnóia. A solução proposta tira assim o máximo partido da morfologia existente (minimização do volume de dragagem) e restabelece, de forma inequívoca, aquilo que foi o funcionamento natural das cabeceiras da lagoa;
- Esta solução permite ainda o desenvolvimento de extensas zonas intertidais (que representam um aumento relativamente às condições actuais da ordem dos 50%, podendo ser ampliadas caso estudos ecológicos o justifiquem) e diferentes opções para encaixe dos materiais dragados na envolvente da área lagunar e dentro da Linha de Perímetro Interno proposta, com vantagens de vários tipos, nomeadamente:
 - Minimização da distância de transporte para deposição dos materiais dragados. Distância esta que será, em qualquer circunstância, inferior a um quilómetro;
 - Melhoria das condições de uso de vastas áreas da lagoa, nomeadamente para fins agrícolas, já que será possível obter terrenos mais elevados e adequadamente drenados;
 - Melhoria das condições ambientais e paisagísticas de toda a área que representa o antigo leito da lagoa;
- Os benefícios ambientais decorrentes dos efeitos acima mencionados deverão ser devidamente considerados e quantificados numa análise de custos-benefícios. Para além disso é também necessário ter em conta o valor intrínseco do próprio sistema natural, já que as opções são apenas duas:
 - Dar continuidade ao Processo de Gestão e Reabilitação da Lagoa de Óbidos, iniciados pelo INAG com a aprovação do Plano de Gestão Ambiental em 1998 e com a dragagem do canal da entrada em 1999;
 - Não implementar as medidas de longo prazo preconizadas e aceitar, com conhecimento de causa, que a perda do sistema lagunar da Lagoa de Óbidos é inevitável e acontecerá a relativamente curto prazo. Nestas circunstâncias levanta-se, necessariamente, a questão política de explicar, quer às gerações futuras, quer à opinião pública que valoriza a existência do sistema natural, que o seu valor ambiental foi considerado inferior aos custos de intervenção determinados pelas avaliações económicas que vierem (ou não) a ser feitas. Deverá ser particularmente difícil explicar às gerações futuras que não foi possível recuperar a Lagoa de Óbidos quer devido à ocupação irracional e não controlada de solo que faz parte do domínio natural da lagoa, quer à reconhecida dificuldade das instituições públicas de disporem dos meios necessários para o desenvolvimento e acompanhamento de intervenções de longo prazo, e de fazerem face a pressões frequentemente infundadas e extemporâneas dos meios de comunicação social e das populações locais, que de forma irrefletida e paradoxalmente contribuem para a destruição daquilo que pretendem defender.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- /1/ Vieira, J.R. e Savioli, J.C. "*Implementação do Plano de Gestão Ambiental da Lagoa de Óbidos. Simulação de Alternativas de Intervenção e Gestão. Actualização do Modelo Matemático e da Caracterização da Situação de Referência*". 1º Relatório. DHI Water & Environment, Sucursal em Portugal. Setembro 2000.
- /2/ Vieira, J.R. e Savioli, J.C. "*Implementação do Plano de Gestão Ambiental da Lagoa de Óbidos. Simulação de Alternativas de Intervenção e Gestão. Linha de Perímetro Interno e definição do Plano Geral de Dragagens*". 2º Relatório. DHI Water & Environment, Sucursal em Portugal. Dezembro 2000.
- /3/ Vieira, J.R. "*Implementação do Plano de Gestão Ambiental da Lagoa de Óbidos. Simulação de Alternativas de Intervenção e Gestão. Plano Geral de Dragagens*". 3º Relatório. DHI Water & Environment, Sucursal em Portugal. Dezembro 2000.
- /4/ Vieira, J.R. "*Projecto para a Fixação da Aberta da Lagoa de Óbidos. Plano de Gestão Ambiental*". Danish Hydraulic Institute. Janeiro 1998.
- /5/ Vieira, J.R. "*Projecto para a fixação da Aberta da Lagoa de Óbidos. Hydraulic and Sedimentologic Studies. Design of a Dike/Channel System*". Relatório Final. Danish Hydraulic Institute. Julho 1997.
- /6/ Vieira, J.R., Foster, T. e Malmgren-Hansen, A. "*Connecting the Óbidos Lagoon to the Sea. Hydrographic, Morphologic and Water Quality Impact Assessments*". Relatório Final. Danish Hydraulic Institute. Julho 1994.
- /7/ Vieira, J.R. "*Assistência Técnica às Dragagens de Manutenção da Entrada da Lagoa de Óbidos. Visitas realizadas à Lagoa de Óbidos*". Nota Técnica. DHI Water & Environment, Sucursal em Portugal. Junho de 2001.
- /8/ Vieira, J.R.; Aires, C.M. "*Restabelecer o Equilíbrio Morfológico da Lagoa de Óbidos. Um Passo Decisivo para a sua Reabilitação Ambiental*". in "*Revista do Ambiente*" Nº.10. IPAMB, Ministério do Ambiente. Julho de 1999.
- /9/ Vieira, J.R. e Foster, T. "*Recovering the Óbidos Lagoon. An Integrated Management Approach*". 2nd Int. Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 95, Terragona, Spain.