

SUGESTÕES PARA GERENCIAMENTO DE ESTUÁRIOS

Paulo da Nóbrega Coutinho⁽¹⁾

Os estuários são locais onde se concentra, sobre um espaço reduzido, um grande número de atividades urbanas e industriais que provocam modificações na geometria, nas margens e na qualidade da água. Geralmente, uma atividade ao se instalar num estuário consome matéria-prima ou espaço, além de alterar as aptidões do meio para suportar outras atividades.

Torna-se necessário preservar o meio de alterações, às vezes irreversíveis, para que a qualidade do ambiente possa responder as aspirações da população. Nesse sentido, é necessário um esforço de otimização entre as aptidões do meio e a exploração através de uma gestão racional do meio natural.

Devido à implantação crescente de atividades nos estuários, torna-se cada vez mais urgente a definição de uma metodologia de gerenciamento a fim de harmonizar as aptidões do ambiente natural e de sua exploração. A solução dos problemas exige um trabalho de equipes multidisciplinares.

Os estudos de impacto ambiental, obrigatórios antes de qualquer projeto

de grande porte, certamente minimizarão as incidências desfavoráveis sobre o ambiente e outras atividades. Os programas e os esquemas de desenvolvimento harmonioso do estuário devem respeitar as exigências próprias desse meio.

A resposta do meio estuarino a uma intervenção humana se manifesta sob forma de um encadeamento de reações complexas, cujas malhas são os processos físicos, químicos, biológicos e geológicos, muitas vezes mal conhecidos. Cada processo pode ser interpretado por um modelo numérico ou físico permitindo efetuar a previsão a partir do conhecimento do valor inicial e das variações dos parâmetros envolvidos.

O objetivo do presente trabalho é sugerir critérios para a gestão do ambiente estuarino, como forma de harmonizar a exploração do meio natural com a manutenção das aptidões, assegurando uma compatibilidade entre as diversas atividades.

CARACTERÍSTICAS DO MEIO ESTUARINO

Os atuais estuários são feições geologicamente recentes, certamente com menos de 15.000 anos.

(1) Professor do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, e Assessor do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM).

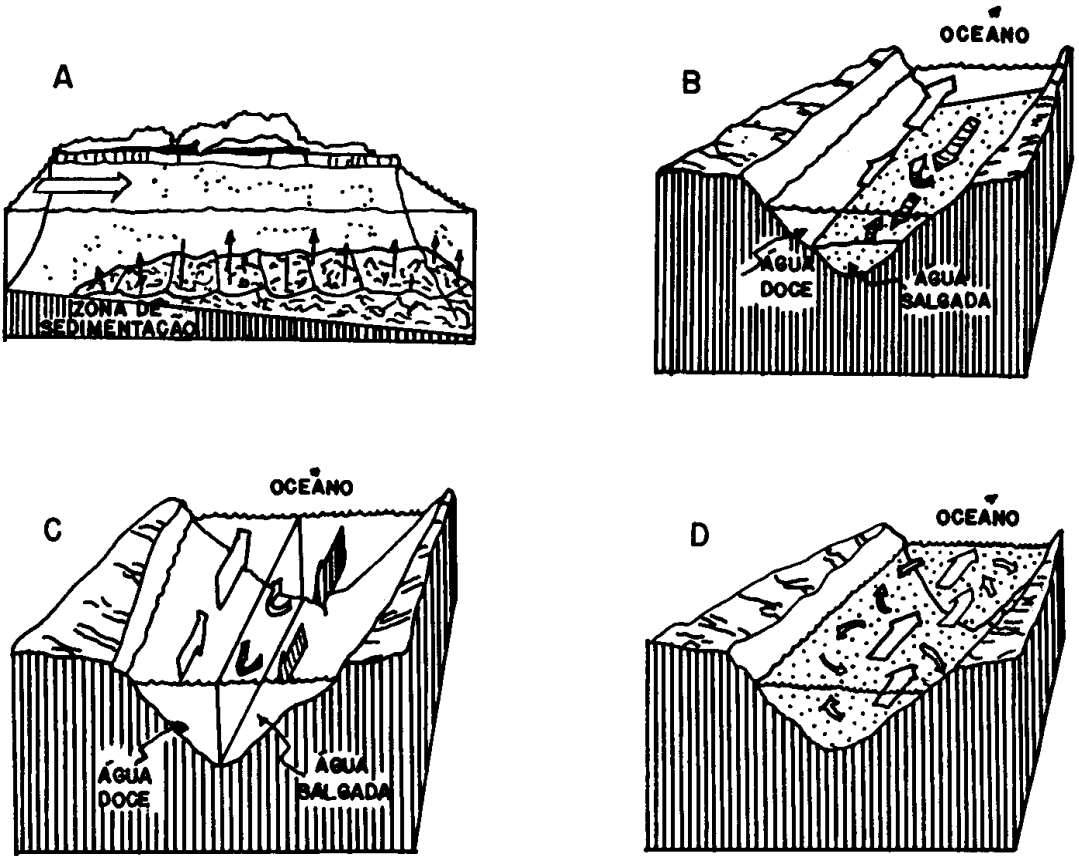


Figura 1 — Tipos de seqüência estuarina

A elevação rápida do nível do mar foi o principal fator para a formação dos estuários, cuja vida depende da relação entre levantamento do nível do mar e razão de sedimentação. Nos últimos anos a ação do homem tem aumentado consideravelmente a taxa de sedimentação.

Os estuários jovens, particularmente aqueles encaixados em vales de rios afogados, apresentam linha de praia muito irregular e dendrítica. A progressiva retificação das linhas de praia demonstra a maturidade do estuário.

Circulação e sedimentação

A passagem de um regime fluvial para uma zona de maré dinâmica provoca modificações importantes nas condições hidrodinâmicas. Passa-se de um escoamento permanente a um movimento alternativo com períodos de imobilidade.

Devido a processos especiais de circulação, os estuários são locais privilegiados para acumulação de sedimentos. A circulação de maré é importante na formação dos canais, planícies e deltas de marés, porém é a circulação residual que determina a razão e modelos de sedimentação de muitos estuários.

A mistura da água doce, proveniente do continente, com a água salgada no estuário, produz condições dinâmicas que levam a descarga da água do rio para o mar.

A mistura pode ser devida à ação do rio, do vento ou da maré. Os diferentes graus de mistura das águas doce e salgada conduzem a uma seqüência de tipos de circulação estuarina. A posição ocupada pelo estuário nessa seqüência depende essencialmente da intensidade relativa dos fluxos das águas e da geometria do estuário. Mudanças em qualquer um desses fatores pode provocar alterações

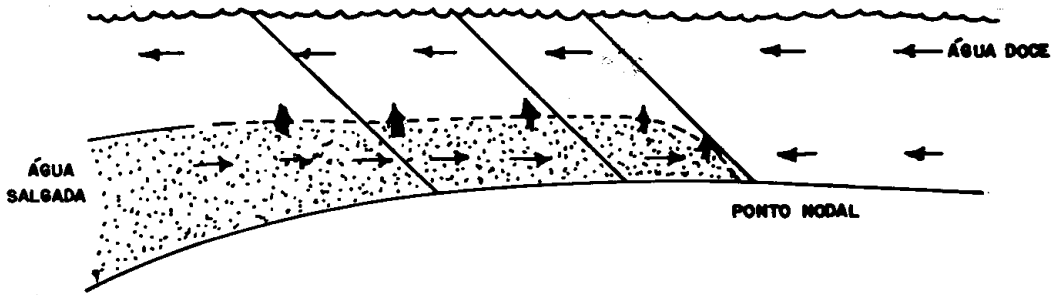


Figura 2 – Circulação residual.

nos padrões de circulação estuarina e da sedimentação resultante.

Um caso extremo é o de um estuário bem estratificado, ou seja, sem nenhuma mistura e por isso chamado de estuário em cunha salina ou tipo A. O caso oposto é o estuário completamente misturado ou seccionalmente homogêneo – tipo D. Entre os casos extremos tem-se os tipos parcialmente estratificado (tipo B) e o verticalmente homogêneo (tipo C) (figura 1). A descrição desses tipos pode ser encontrada em Schubel (1971).

Os estuários variam de um tipo a outro, dependendo da intensidade das relações dos fluxos e da geometria do estuário. Geralmente a variação do tipo A para o D ocorre com aumento da intensidade do fluxo da maré em relação à descarga fluvial e da largura do leito em relação à profundidade.

Enquanto a parte superior de um estuário está submetida à ação da descarga fluvial, a parte inferior sofrerá a influência das marés. Isto acarretará um movimento alternativo da massa d'água que vai crescendo de montante para jusante e, inversamente, a velocidade residual para jusante irá diminuindo de montante para jusante.

A penetração de água salgada no estuário provoca uma diluição da água fluvial que cresce de montante para jusante, além de produzir uma circulação residual nos estuários *parcialmente estratificados* (dirigida para montante pelo fundo e para jusante na superfície), conforme esquema na figura 2.

A mistura das águas favorece a flocculação dos sedimentos finos, tornando os estuários zonas importantes de sedimentação. Essas zonas são caracterizadas por uma concentração de material em suspensão e um déficit em oxigênio máximos, além de uma concentração elevada de poluentes e bactérias, e uma fraca produção primária.

Segundo Döbereiner (1983), a zona de turbidez máxima (ZTM) é geralmente a maior fonte de sedimentos finos em estuários, e a sua localização define a área com maior potencial de assoreamento.

Geralmente nos estuários se desenvolve um número reduzido de espécies que são adaptadas às condições variáveis do meio. Por outro lado, as zonas marginais são caracterizadas por uma importante produção primária e, ao mesmo tempo, podem desempenhar um papel tampão entre as fortes concentrações de poluentes e de nutrientes transitando no estuário, além do papel de criadouro para numerosas espécies animais de interesse econômico.

Entre as fontes de sedimentos para os estuários, os rios são os mais importantes e também os mais afetados pela ação do homem. Entre as principais atividades que aumentam a carga de sedimento do rio estão a agricultura, mineração e urbanização, cujos efeitos podem ser minimizados através de construção de reservatórios e outros trabalhos de proteção. Outra atividade humana que aumenta a razão de sedimentação nos estuários é o lançamento

de fósforo, nitrogênio e outros nutrientes dissolvidos.

Como foi dito antes, o modelo de sedimentação no estuário é determinado principalmente pelo modelo de circulação residual da água.

Uma vez atingido o estuário, o sedimento se desloca para o local onde permanecerá, mas geralmente antes de atingir o local final de deposição, ocorrem deposições temporárias. Embora se tenha uma idéia dos locais mais favoráveis para acumulação, ainda não é bem conhecida a trajetória seguida pelo material, desde a entrada no estuário até o local final de deposição. Os curtos períodos de enchente ou tempestade são os agentes mais eficientes na produção de sedimentos para o estuário, enquanto a distribuição pelo ambiente, até a deposição final, ocorre por processos diários.

O deslocamento de sedimentos sobre o fundo está ligado às condições hidrológicas e, notadamente, à variação de assimetria da onda de maré devido às correntes residuais e à morfologia da embocadura.

O fenômeno essencial que rege o transporte e acumulação dos sedimentos em suspensão é a convergência das correntes residuais de fundo na parte a montante da intrusão salina. Esse fenômeno provoca a retenção e a concentração de sedimentos em suspensão, constituindo a zona de turbidez máxima (ZTM). Contrariamente ao que se pensava há algum tempo, a floculação não é o mecanismo responsável pela existência da ZTM, porém funciona como amplificador, devido ao aumento da velocidade de sedimentação que provoca.

ALGUNS PROBLEMAS DE GERENCIAMENTO

O grande princípio de gerenciamento de estuários foi o de facilitar a penetração da maré o mais longe possível para montante, a fim de favorecer a navegação. Na prática, a aplicação desse princí-

pio é importante para navegação, porém pode provocar numerosas perturbações no equilíbrio estuarino com graves conseqüências para a coletividade. Essas conseqüências foram bem estudadas por Schubel & Meade (1975), Ottmann (1979) e Allen *et al.* (1979).

De um modo geral, os estuários mais urbanizados e industrializados apresentam problemas semelhantes, devido à falta de visão global das incidências resultantes das alterações sobre o meio. Esses problemas resultam de dois tipos de alterações: (1) modificação da geometria do estuário e (2) modificação da qualidade da água.

Modificação da geometria do estuário

Dragagem. Constitui uma das mais importantes atividades do homem nos estuários, afetando a circulação das águas e, conseqüentemente, o modelo de deposição dos sedimentos. Em muitos estuários as dragagens rompem o equilíbrio natural entre a descarga do rio, as trocas de marés, o fornecimento de sedimento e a morfologia de fundo.

O aprofundamento dos canais facilita a penetração das marés no estuário, deslocando o ponto nodal para montante. Esse ponto nodal representa o local de sedimentação mais rápida e permanece como tal, até que o canal seja preenchido com sedimento. Quando essa parte do canal for preenchida e a água salgada não puder mais subir estuário acima, o ponto nodal será progressivamente deslocado para jusante e outra parte do canal será preenchida. O aumento da profundidade é acompanhado pela subida da frente de salinidade, especialmente no verão e por ocasião das marés de sizígia. Esse fenômeno tem várias conseqüências negativas, entre as quais pode-se citar o deslocamento para montante da zona de turbidez máxima (ZTM), impossibilidade de captação de água doce em períodos de estiagem e preamar, penetração de água salgada em sistemas de irrigação.

agrícola e modificações na flora e fauna (Ottmann, 1979). Esse processo continua até o completo assoreamento do canal de navegação, para cuja manutenção serão necessárias novas dragagens.

O maior problema nessa luta é onde colocar o material dragado. Em muitos casos ele é lançado em locais onde material com aquela textura não se acumularia naturalmente ou, no mínimo, não tão rapidamente. Outras vezes é jogado no próprio canal do estuário onde poderá permanecer, especialmente se for lançado ao abrigo de fortes correntes. Muitas vezes o material poderá retornar ao canal. Em muitos estuários o rejeito é lançado em faixas paralelas às margens, em áreas previamente preparadas com diques para impedir a volta ao estuário. Nesse caso, o inconveniente é que geralmente as margens são colonizadas por manguezais que são de grande importância na proteção e produção da vida aquática dos estuários.

A eliminação das trocas laterais entre o estuário e as zonas úmidas é, segundo Ottmann (1979), a degradação mais profunda que sofre o meio aquático, porém a menos considerada pelos gerenciadores.

A dragagem tanto poderá alterar o modelo de circulação estuarina da sedimentação, como a concentração de material em suspensão. O aumento na concentração de suspensóides, acima de um certo limite, poderá ter efeitos importantes sobre a estética, qualidade da água e a biota. Os efeitos do material em suspensão sobre muitos organismos estuarinos ocorrem somente a partir de concentrações superiores a 500 mg/l. Tais concentrações são raras em estuários, mesmo durante a dragagem, exceto próximo à draga. Contudo, concentrações superiores a 100 mg/l são, geralmente, locais, restritas a áreas a poucas centenas de metros do local da atividade e qualquer efeito estético ou biológico, devido a esse aumento da turbidez, não é persistente.

O rejeito do material dragado geralmente provoca a destruição do bentos

por soterramento. Tem sido observado em vários estuários, que o novo substrato poderá ser colonizado em tempo relativamente curto, desde que a textura do material lançado não seja muito diferente da textura do sedimento original.

Uma vez que a concentração de material em suspensão afeta a transparência da água, o aumento de suspensóides diminui a profundidade da zona eufótica e a produção de oxigênio pelo fitoplâncton.

As partículas finas podem fixar nutrientes, poluentes e outros constituintes. O aumento do material em suspensão terá conseqüências negativas do ponto de vista estético, especialmente sobre o lazer. Contudo, esse nível é função não só da concentração, mas também do tamanho e da composição do material. Por exemplo, uma concentração de 100 mg/l de silte quartzoso terá efeitos diferentes de uma mesma concentração de material orgânico, rico em argila.

Retificação das margens. Essas obras podem favorecer a existência de um canal principal (canal de navegação), que desloca a ZTM para jusante com graves conseqüências sobre a qualidade das águas e dos fenômenos de sedimentação na desembocadura. A construção de diques nas margens suprime toda possibilidade de troca entre a água e o meio terrestre e conduz ao desaparecimento da vegetação, que representa a zona mais rica do estuário.

A supressão das zonas úmidas tem papel nefasto sobre a pesca efetuada no litoral adjacente. Por outro lado, essas zonas são áreas de retenção para certos poluentes transitando no estuário, como metais pesados e pesticidas. Elas podem também assimilar uma boa parte dos nutrientes trazidos pelos rios, ensejando a oxigenação do estuário.

Aterros. Durante o processo de desenvolvimento industrial e urbano, numerosos estuários passam de um estado natural a um estado mais ou menos artificial, devido a construção de diques e aterros das zonas úmidas

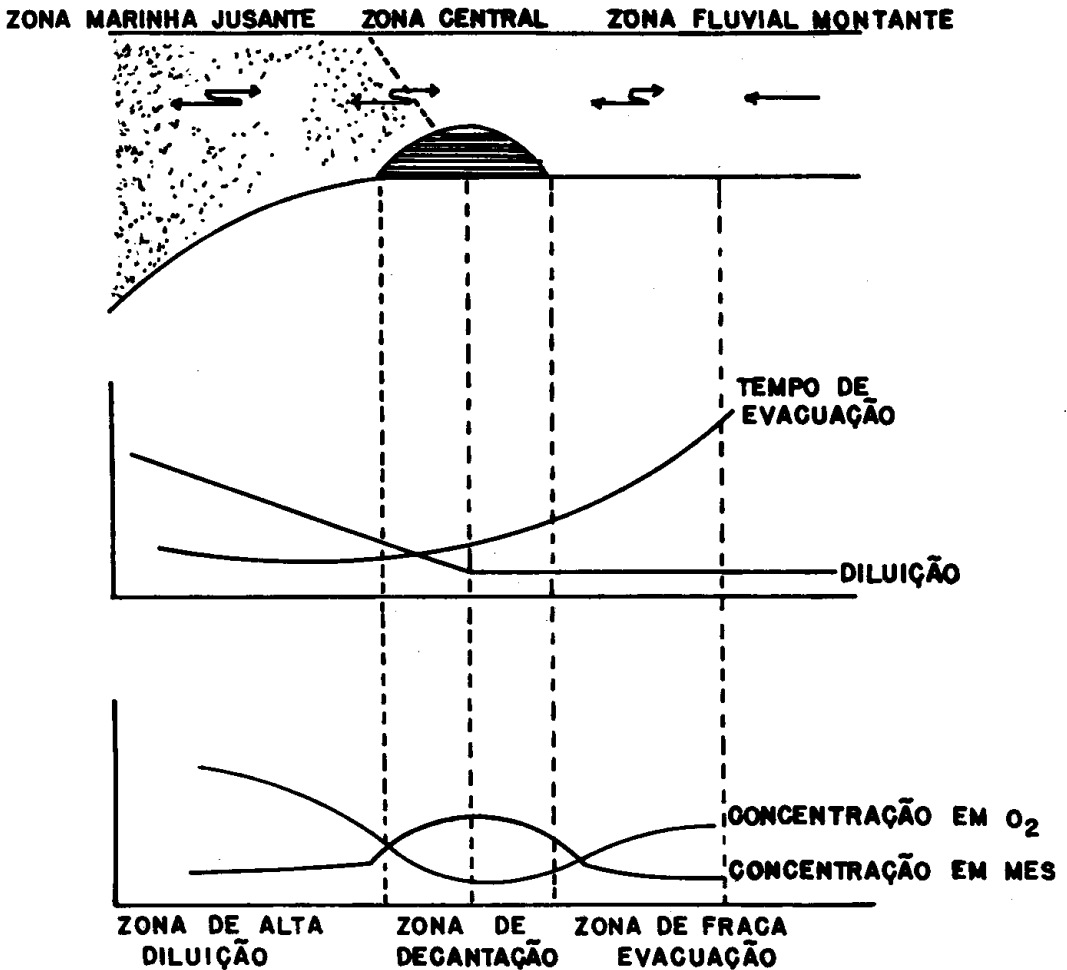


Figura 3 — Sensibilidade das diferentes zonas de um estuário (segundo Allen *et al.*, 1979).

adjacentes. Essas obras interessam às indústrias, que estão sempre a reclamar aprofundamento do canal de acesso e novos terrenos necessários à implantação de novas indústrias. Para rentabilizar esses aterros é necessário vender terreno para nova industrialização. A industrialização das margens de um estuário é, portanto, um círculo vicioso.

Modificações na qualidade da água

A urbanização, a industrialização e a artificialização das margens do estuário aumentam os riscos de poluição e diminuem o poder autodepurador do estuário.

Geralmente, os rejeitos urbanos, quando lançados no estuário, se caracte-

rizam por uma forte demanda de oxigênio e por uma importante contaminação bacteriana.

Normalmente, os estuários são zonas pobres em oxigênio, devido às fortes concentrações de material em suspensão, às reduzidas velocidades residuais e à presença de rejeitos urbanos que vem agravar esse deficit. No verão, quando as condições de autodepuração das águas são precárias, poderão ocorrer situações desagradáveis, como por exemplo, a mortandade de peixes.

Por outro lado, os rejeitos urbanos lançados no estuário contribuem para enriquecer o meio em bactérias. Existe uma estreita relação entre a ZTM e a concentração bacteriana, conforme foi demonstrado por Frenel (1978).

Os rejeitos industriais são ricos em micropoluentes metálicos e orgânicos que se concentram na matéria orgânica em suspensão no estuário. O comportamento hidrosedimentar do meio será, em grande parte, responsável pela repartição desses poluentes no estuário (Martin *et al.*, 1976).

Eles estão associados à ZTM e vão se acumular nas zonas de deposição desse material. Portanto, a ZTM é o agente, por excelência, de fixação e distribuição dos poluentes no estuário. Quando esse sedimento se deposita e passa a fazer parte dos depósitos sedimentares das margens (mangues), ocorre uma nítida depuração. A eliminação dos mangues, impedindo a fixação e acumulação dos sedimentos, aumentará a poluição das áreas a jusante, como por exemplo, as praias.

ZONAÇÃO DOS FENÔMENOS ESTUARINOS

O estudo do meio natural mostrou que o estuário não é um conjunto homogêneo e que as características físicas, químicas, geológicas e biológicas são variáveis e devem ser levadas em conta para o estabelecimento dos princípios de ordenamento (Schubel, 1971). Esse estudo permite, também, distinguir zonas que apresentam sensibilidade diferente aos diversos usos do estuário. Contudo, sua utilização exige um perfeito conhecimento do meio natural e do comportamento dos rejeitos no ambiente (figura 3).

A análise dos diversos fenômenos estuarinos põe em evidência: (1) uma zona fluvial a montante; (2) uma zona central no limite da intrusão salina; (3) uma zona a jusante submetida à influência da água salgada; (4) zonas marginais.

Zona fluvial. À medida que se sobe no estuário observa-se uma atenuação da corrente da maré enchente (fluxo), em relação à corrente de vazante (refluxo), para se chegar a um ponto onde há

apenas a corrente fluvial dirigida para jusante. Uma partícula lançada a montante do estuário vai ter, inicialmente, um movimento dirigido para jusante até encontrar um movimento alternativo cada vez mais importante, devido às correntes de marés. O número de passagens de uma partícula diante de um ponto determinado aumenta de montante para jusante, enquanto que a componente residual da velocidade dirigida para jusante diminui, apesar da violência das correntes (Salomon, 1976).

Esses dados devem ser levados em conta, quando da escolha da localização de um emissário. Assim, uma substância lançada no início da vazante sairá mais rápido do estuário do que se tivesse sido lançada no início do fluxo (enchente).

Esta zona a montante se caracteriza por uma ativa oxigenação de certos rejeitos, sendo necessário dimensionar o lançamento desses rejeitos em função da disponibilidade de oxigênio do meio.

Zona central. Situada no limite da intrusão salina, onde as concentrações de material em suspensão e de poluentes são máximas. O conhecimento da extensão dessa zona e de sua dinâmica é importante para a escolha da localização de certas obras no estuário. A instalação de bacias portuárias nessa zona acarreta assoreamentos importantes, o que leva a dragagens constantes.

Os lançamentos de rejeitos nessa parte do estuário devem ser evitados, especialmente no verão, quando o déficit em oxigênio é máximo, agravando ainda mais as condições. Segundo Martin *et al.* (1976), a toxidez do zinco, por exemplo, aumenta de 50%, quando o teor em oxigênio passa de 6 – 7 mg/l a 2 mg/l.

A parte central do estuário é um local de acumulação de poluentes além de ser a zona mais sensível a modificações físicas e químicas do meio.

Zona a jusante. A penetração da água salgada provoca uma circulação residual para jusante na superfície e, para montante, pelo fundo. Isto implica que os

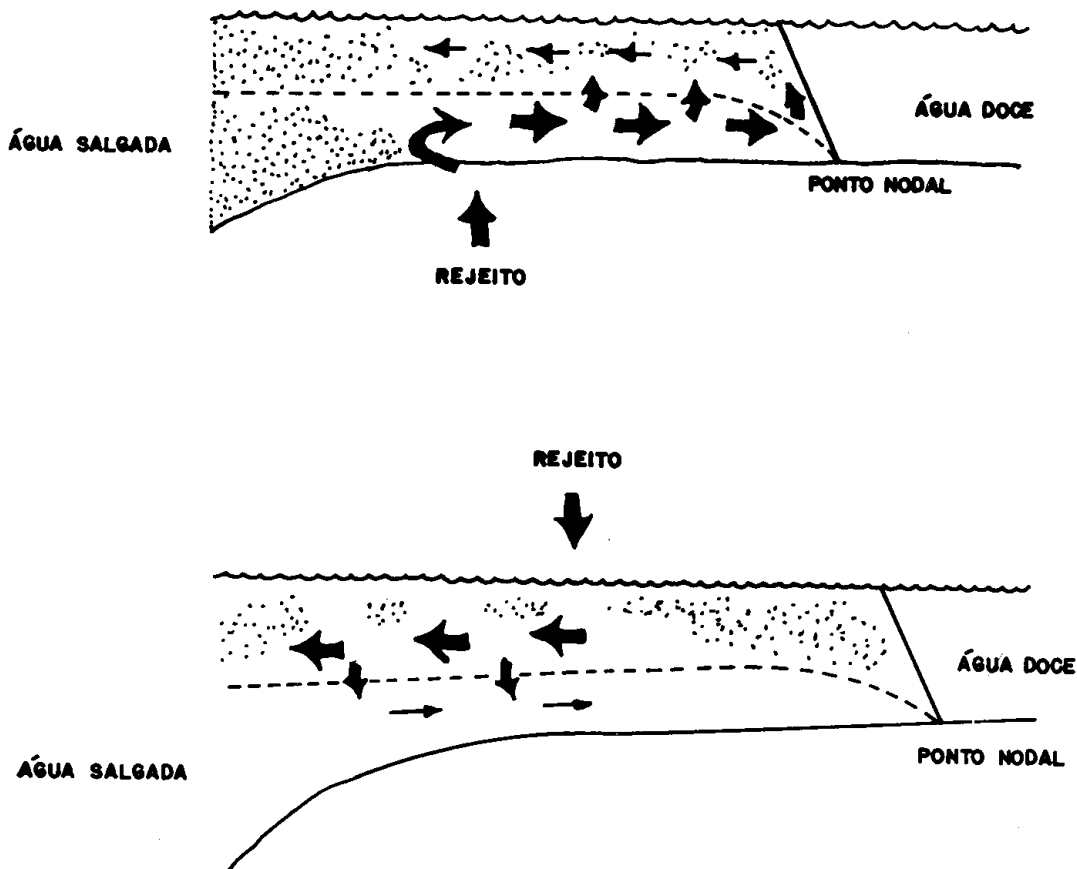


Figura 4 — Dispersão de poluentes em um estuário do tipo estratificado.

rejeitos lançados próximo ao fundo terão um deslocamento resultante para montante, enquanto os rejeitos na superfície serão transportados para jusante (figura 4).

As misturas verticais que se superpõem a esses dois esquemas fazem com que, ao fim de certo tempo, os teores em poluentes sejam máximos próximos ao fundo, a montante do ponto de lançamento do rejeito, como também, em superfície, a jusante do referido ponto (Martin *et al.*, 1976).

No caso de estuário bem misturado verticalmente, a circulação residual será dirigida para jusante pela margem esquerda e para montante pela margem direita (hemisfério sul). Nesse caso, o lançamento de rejeitos deve ser feito de maneira diferente sobre as duas margens do estuário. Entretanto, não se deve esquecer que o modelo de circulação

estuarina pode variar em função das condições de descarga (inverno-verão), e das marés (maré de sizígia e de águas mortas). Essas condições devem ser levadas em conta por ocasião do lançamento de rejeitos nos estuários. Da mesma maneira, as obras efetuadas nos canais podem mudar o tipo de circulação das águas e, portanto, modificar o padrão de dispersão dos rejeitos.

Allen *et al.* (1979) sugerem que sejam determinados, previamente, os locais mais adequados para lançamento dos rejeitos no meio estuarino: (1) a montante da intrusão salina; (2) na massa d'água salgada com circulação residual para montante; (3) na massa d'água mais doce com circulação residual para jusante.

Zonas marginais. Essas zonas devem ser preservadas de qualquer programa de gerenciamento importante, para que

se possam conservar suas características físicas e a manutenção das trocas de água.

A fim de preservar essas zonas, Ottmann (1979) sugere o princípio da compensação, que consiste na existência de zonas industriais ou alteradas intercaladas com zonas naturais nas margens do estuário. Ou ainda, conservar uma margem natural em oposição a outra margem alterada. Esse princípio visa a substituir cada superfície alterada por outra equivalente dotada da mesma função biológica.

Estudos mais detalhados nessas zonas poderão levar a identificação de *unidades ambientais*, conforme definido por Clark (1976), levando-se em conta a morfologia, as características físicas e químicas das águas e a biota associada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento das características e da hidrodinâmica do meio estuarino é de fundamental importância para a definição de uma gestão zonal do espaço estuarino, conduzindo a uma melhor repartição geográfica das atividades e a elaboração de normas de rejeito, variáveis em função das características de cada zona.

Os gerenciadores deveriam levar em consideração os "dez mandamentos" definidos por Ottmann (1979), para os estudos do ambiente estuarino, transcritos a seguir:

1. *Alternância*. Como cada zona do estuário tem uma função no equilíbrio ecológico, é preciso evitar o enrocamento total de ambas as margens, deixando uma natural e outra artificial.
2. *Favorecer ao máximo as comunicações entre o estuário e as zonas úmidas*. Deve-se conservar os canais e gamboas com suas margens naturais e, sobretudo, as zonas úmidas adjacentes.
3. *Compensação*. É necessário compensar cada superfície aterrada pela criação de uma outra superfície equivalente com a mesma função biológica.
4. *Enrocamento das margens*. Limitar a 50% ou atenuar seus inconvenientes por outras medidas, como por exemplo, utilizar diques naturais de declive suave e com vegetação.
5. *Zonas para deposição de rejeito de dragagem*. A escolha não deve levar em conta apenas o interesse econômico, mas também a produtividade primária.
6. *Cuidados com aterros e drenagem*. Em torno das zonas de aterros ou rejeito de dragagem, devem existir valas naturais para facilitar a drenagem e evitar as inundações.
7. *Equilíbrio frágil*. O estuário não deve ser considerado apenas como uma via navegável, mas também como um meio vivo em equilíbrio frágil, que deverá ser conservado.
8. *Preservar ao máximo de qualquer poluição*. A zona de turbidez é um local para acumulação de bactérias e poluentes. Se o estuário não é somente uma via navegável, não deverá se tornar um esgoto.
9. *Levar em conta as aspirações das populações ribeirinhas*. Manter zonas agrícolas ou áreas verdes de lazer entre as zonas industrializadas, como também o livre acesso às margens.
10. *Coerência e divulgação dos reais custos dos investimentos*. É preciso incluir em cada projeto, o custo real das conseqüências.

SUMMARY

English title: Suggestions for coastal management of estuaries.

Estuaries are ephemeral features on a geological time. Due to their characteristic circulation processes they are the

major sites for the accumulation of sediment along the coastline. Human activities have greatly accelerated the rates of filling of many estuaries. The sources most affected by the hand of man are the rivers that carry sediment from upland areas which are increased by such activities as farming, mining and urbanization, and which are decreased by reservoirs and other protective works.

The tidal circulation is important in the formation of channels, tidal flats, and tidal deltas, but it is the net non-tidal circulation that is of primary importance in determining the rates and patterns of filling of most estuaries.

The great value of the estuarine zone is in the multiplicity of its uses but herein also lies its vulnerability. Estuaries can support certain levels of uses and still remain aesthetically pleasing environments for man's recreation.

The ability of an estuary to tolerate environmental aggression before suffering significant ecological or aesthetic damage not only varies from estuary to estuary but varies in different parts of a given estuary as well.

The establishment and enforcement of an estuarine zoning system would require more than simple policing. It would require careful and intelligent planning and management. Certain activities should be restricted more severely in some areas than in others and also during those periods when organisms are most vulnerable.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, G. P.; J. F. Guillaud; A. Berquin & P. Poupinet, — 1979 — Principes de gestion zonale des estuaires français. *Publ. CNEXO, Actes Colloques, 9*: 177 — 190.

Clark, J. — 1976 — *Coastal ecosystem management*. Wiley Interscience Publications, 928 pp., New York.

Döbereiner, C. — 1983 — Importância do comportamento de suspensões no assoreamento de portos em estuários. *Rev. Bras. Engenharia, 4* : 61 — 74.

Frenel, P. — 1978 — *Relations entre l'hydrologie et les bactéries témoins de contamination fécale dans l'estuaire externe de la Loire*. Thèse 3.^e Cycle, Université de Nantes, 98 pp., Nantes.

Martin, J. M.; M. Meybeck; F. Salvadori & A. Thomas — 1976 — Pollution chimique des estuaires: état actuel des connaissances. *Rapp. Scient. Tech., CNEXO n.º 22*.

Ottmann, F. — 1979 — Conséquences des aménagements sur le milieu estuarien. *J. Rech. Océanogr., 4* (2) : 11 — 24.

Salomon, J. C. — 1976 — *Modèle mathématique de la propagation de la marée en estuaire et des transports sableux associés. Application aux estuaires de la Loire et de la Seine*. Thèse Doct Sci. Physique, Brest.

Schubel, J. R. — 1971 — The estuarine environment. Estuaries and estuarine sedimentation. *Am. Geol. Inst., Washington*. (Short course lecture notes).

Schubel, J. R. & R. H. Meade — 1975 — Man's impact on estuarine sedimentation. Estuarine pollution control and assessment. *Proc. Conf., 1* : 193 — 209.