
Disposição de Esgotos por Emissários Submarinos, Gerenciamento do Controle de Poluição e Proteção da Qualidade das Águas Costeiras

J. L. CHAO (**)
L. A. MOTTA PACHECO (**)

PREFÁCIO

Este trabalho foi elaborado com o objetivo de coligir informações atualizadas sobre os resultados de monitoragem de águas costeiras junto a zonas com alta densidade populacional, demonstrar a evolução da tec-

nologia do desenvolvimento de novos materiais destinados à fabricação de tubulação aplicada em obras submarinas, e os cuidados e metodologia a ser adotada no desenvolvimento dos projetos de disposição final dos efluentes, o que inclui nível de tratamento e disposição oceânica.

Agradecemos à firma James M. Montgomery, Consulting Engineers, Inc. (Califórnia, U.S.A.) que, através do seu engenheiro Dr. J. L. Chao, Ph. D., desenvolveu a maior parte deste trabalho. Nossos agradecimentos são extensivos às entidades do Estado da Califórnia, que forneceram impor-

tantes dados obtidos em pesquisas, os quais encontram-se incluídos neste trabalho.

Agradecemos também à Transpavi Codrasa S/A (São Paulo, Brasil) que forneceu elementos básicos para que o Eng. Luiz Augusto A. Motta Pacheco, Diretor da Ambitec Planejamento e Consultoria Ltda., pudesse relatar os dados de custo e experiência dos novos métodos construtivos e do uso do polietileno e polipropileno para as tubulações submarinas no Brasil e na Escandinávia.

Finalmente, agradecemos à CETESB — Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental, na pessoa do

(*) James M. Montgomery Consulting Engineers, Inc.
(**) Ambitec Planejamento e Consultoria Ltda.

Eng. José Francisco Furquim de Campos, que forneceu dados relevantes sobre legislação brasileira no tocante às águas territoriais nacionais.

Novembro de 1978, São Paulo, Brasil

I. INTRODUÇÃO

A. Histórico

Embora o impacto causado pelo homem ao meio ambiente date de longo tempo, somente há poucos anos é que uma preocupação maior tem sido expressa sobre a poluição resultante de resíduos gerados pelo homem, os quais possam afetar os processos naturais da ecologia. Com mais da metade da população do mundo vivendo em uma faixa de cerca de 100 quilômetros do oceano, maiores pressões tem sido impostas na zona costeira. É sabido que o oceano cobre aproximadamente 70% da face terrestre, e que ao longo da história da humanidade ele tem sido usado como repositório natural para as águas servidas, sendo que recebe as águas fluviais, pluviais, e de estuários. No entanto, com o rápido crescimento urbanístico e intensa industrialização ao longo do litoral, associados ao consequente aumento de descarga de resíduos, a população vê gradativamente acrescida a sua preocupação com os possíveis efeitos adversos dessas descargas contínuas na massa de água oceânica.

A zona litorânea é bastante peculiar, pois é onde se dá o encontro das águas salgadas e doces, e das massas de ar do mar e da terra. É uma zona dinâmica e grandemente complexa. Não há sombra de dúvida quanto à sensatez de se proteger o mar e toda a atividade biológica nele contida, contra os efeitos dos detritos produzidos pelo homem. Por outro lado, com o desenvolvimento da civilização, e a crescente expansão populacional e industrial, necessário é reconhecer-se que o ser humano é parte do meio ambiente. No mundo de hoje, o meio ambiente em que se vive consiste, distintamente, do natural e do criado pela mão do homem. Podemos afirmar com segurança, que a diversificação e a multiplicação contínua das atividades do homem virá a afetar, de uma ou outra maneira, as atividades naturais do meio ambiente. É preciso, portanto, que o homem enfrente o desafio de ajustar o padrão de vida e o progresso econômico da humanidade à necessidade de manter meios ambientes desejáveis, através de planejamento racional e tecnologia efetiva.

B. Objetivos

Nos debates sobre a disposição de águas servidas em grandes massas de águas receptoras, é necessário reconhecer-se a diferença distinta entre o mar aberto e outros tipos de grandes massas de águas cercadas de terra, tais como lagos, rios, estuários e baías fechadas, que possuem uma atividade química e biológica, além de circulação e utilização, completamente diferente das do mar aberto. A finalidade deste trabalho, será limitada ao estudo da descarga de águas servidas, através de emissários submarinos em mar aberto, sendo os seguintes os objetivos deste estudo:

- 1) definir e debater as características das águas costeiras junto às praias, e sua boa utilização;
- 2) expor resumidamente à legislação e atentar para as leis vigentes para a proteção das águas costeiras;
- 3) apresentar uma informação atualizada referente aos efeitos de descargas de efluentes no oceano;
- 4) discutir a melhor e mais moderna tecnologia de planejamento, projeto e construção de emissários submarinos;
- 5) discutir os custos de construção, operação e manutenção; e
- 6) determinar as vantagens e desvantagens de outras alternativas de disposição comparadas à da descarga através de lançamentos oceânicos.

Espera-se que este material proporcione aos projetistas e engenheiros um conjunto de diretrizes para a realização de um trabalho tecnicamente seguro, além de vantajoso do ponto de vista econômico, com o objetivo de proteger o meio ambiente costeiro, explorar a sua boa utilização, e ao mesmo tempo dispor de um processo excelente para a disposição de esgotos.

II. USOS, BENEFÍCIOS E PROTEÇÃO DAS ÁGUAS COSTEIRAS

A. Características da Água Costeira Próxima à Praias

(1) Correntezas e Circulação

A zona costeira é, de modo geral, formada pela linha de praias, morros e recifes, pela plataforma continental, e pelas águas que a cobrem. Estão também incluídos acidentes geográficos tais como baías, estuários, lagoas e deltas. Convencional-

mente, considera-se como o limite da zona costeira a borda da plataforma continental, a qual se situa na profundidade aproximada de 100 fathoms*. Com base no conhecimento de zonas costeiras de várias partes do mundo, a média da profundidade da plataforma é de aproximadamente 130 m. Sua largura estende-se de quase zero até mais de 1.300 km, e tem como largura média aproximadamente 74 km. A Fig. 1 ilustra as partes principais da zona costeira que terão influência no projeto do emissário submarino.

A zona costeira está geralmente num contínuo estado dinâmico, exceto em algumas baías fechadas. Os processos de circulação e mistura são extremamente complexos nas zonas costeiras junto às praias. As várias formas de dissipação de energia sobre a plataforma continental e sobre as zonas de rebentação tornam ainda mais complexos esses processos. A circulação pode ser provocada pelas correntes originadas pelos efeitos das marés, ventos ou correntes oceânicas vindas de mar aberto. Também pode ser criada por vagas formadas a certa distância da costa, ou simplesmente por correntes ascendentes localizadas. Numa zona costeira aberta ao mar, o sistema de circulação e de mistura é feito através de uma troca contínua das águas da zona de rebentação com as águas vindas do mar aberto. Desta maneira, há uma renovação das águas junto à praia, através deste complicado mecanismo de deslocamento de massas de água. Dependendo da maré local, vento e condições do fundo do mar, a magnitude destes fenômenos varia consideravelmente.

* 1 fathom = 1 braça = 1,83 m

(2) Parâmetros Físicos

Os parâmetros físicos mais comumente usados para medir as águas costeiras são: temperatura, salinidade e transparência. A salinidade é relativamente constante em mar aberto. No entanto, pode variar consideravelmente na água costeira, devido às intrusões de água doce, da terra, e/ou correntes ascendentes. Da mesma forma, a temperatura também varia significativamente nas águas costeiras, em função de sua pequena profundidade e efeitos da terra. Conhecendo-se a salinidade e a temperatura, pode-se imediatamente determinar a densidade da água do mar. É uma das características mais importantes da água costeira é a estratificação da densidade. Nes-

ta região, a temperatura das águas de superfície pode variar diáriamente ou sazonalmente, ao passo que a das águas mais profundas permanece razoavelmente constante. A mudança de temperatura resultará em mudança da densidade na coluna de água. Dependendo da condição local, pode existir uma zona entre as águas da superfície e do fundo, onde a temperatura muda rapidamente com a profundidade. Geralmente usa-se a expressão "termoclina" para se definir esta zona. A importância desse fenômeno no projeto de um emissário submarino será debatida posteriormente neste trabalho. A transparência da água do mar em oceano aberto é relativamente constante. No entanto, ela pode mudar significativamente em águas rasas devido às condições de agitação das águas, associadas às características locais do fundo do mar. Além disso, é igualmente afetada por correntes ascendentes e drenagem vinda da terra e dos rios. A transparência é importante por causa da luz, que é um fator vital no crescimento de fitoplâncton e reprodução de plantas marinhas fixas. Afeta também a migração vertical diária de zooplâncton e peixes da zona bentônica.

Outro parâmetro físico importante é o oxigênio dissolvido na água do mar. Devido ao processo de dinâmica e grande aeração na superfície, a água está quase sempre saturada de oxigênio dissolvido. Contudo, nos lugares onde a água permanece isolada da superfície por muito tempo, haverá somente a queda de uma fração no valor desta concentração. Não obstante, há poucos lugares conhecidos onde o oxigênio tem sido consumido, tais como no Mar Negro, onde o H_2S substitui o O_2 abaixo de determinada profundidade (algumas centenas de metros).

(3) Parâmetros Químicos

O oceano é um sistema químico muito complexo. A oceanografia química trata o oceano como uma enorme bacia de produtos químicos diluídos, contendo a maioria dos elementos e compostos naturais em solução. Na Tabela 1 são indicados os principais elementos químicos encontrados no mar. É interessante notar que onze dos principais íons formam 99.99 por cento do material dissolvido no mar. Na Tabela 2 constam as quantidades dos elementos conhecidos na água do mar. Apesar de parecer pequena a quantidade de 1.0 ppm, devido ao grande volume de água do mar existente, essa cifra equivale a aproximadamente 10^{12} toneladas de um só íon de todo o oceano.

As composições químicas da água do mar na zona costeira geralmente são diferentes das da água de alto mar. As variações podem ser determinadas pelo caráter da geomorfologia local, drenagem das águas pluviais, e atividade do homem junto à orla marítima.

(4) Nutrientes e Matéria Orgânica

O alimento de uma grande variedade de plantas e animais microscópicos é provido por nutrientes e matéria orgânica dissolvida. Entre as matérias nutritivas importantes encontra-se o nitrato, derivado da oxidação de nitritos e amônia. Qualquer uma dessas formas disponíveis de N_2 pode ser carregada para o mar pelos rios. E uma pequena parcela do nitrato pode ser produzida por descargas elétricas atmosféricas, subsequentemente levadas para o oceano pela chuva. Porém uma quantidade razoável de nitrato é formado pela decomposição de matéria orgânica no mar. Muitas vezes, a concentração de nitrato perto da superfície é baixa, ocorrendo uma concentração maior em águas mais profundas.

Fosfato é outro nutriente vital utilizado por plantas, incorporado em protoplasma animal por herbívoros marinheiros, e eventualmente expelido por dejetos de animais ou pela decomposição de protoplasma. Sua concentração é baixa devido à sua rápida utilização pelas plantas na superfície, em zona eufótica. Sua con-

centração é maior onde ocorre decomposição, em zonas mais profundas, ou na superfície onde existem correntes ascendentes. Nessas áreas, ocorre uma intensa atividade biológica, com grande riqueza de produção animal e vegetal. Essas zonas superficiais onde morrem as correntes ascendentes são consideradas como as melhores zonas pesqueiras.

Existem ainda no mar matéria estruturais tais como sílica e carbonato de cálcio, que também são componentes químicos vitais da água do mar. Tanto o silício, como o silicato, são usados por determinadas plantas e animais marinheiros ("diatoms" e "radiolarians") e sua concentração é marcadamente baixa nas camadas da superfície de todos os oceanos pesquisados. O silicato pode ser considerado um fator limitante para certas plantas marinhas, assim como os nutrientes ou CO_2 . É raro não se encontrar carbonato de cálcio no oceano, mesmo em áreas de grande atividade biológica, porque o cálcio é um dos elementos mais abundantes no mar, devido ao ciclo CO_2 — carbonato, o qual produz uma fonte inesgotável de carbonato, independente da quantidade consumida.

A matéria orgânica dissolvida ou em forma coloidal representa 80 a 90% do carbono orgânico nas águas oceânicas. Bactérias, e possivelmente outros micro-organismos marinheiros, usam diretamente esse constituinte orgânico da água do mar.

Na água costeira do sul da Califórnia, os nutrientes mencionados constam da Tabela 3, abaixo:

TABELA 3

Faixa de variação de concentração aproximada dos nutrientes nas águas costeiras do sul da Califórnia

| Profundidade | Nitrato | Fosfato | Sílica |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Superfície | (mg/l) 0.01-0.16 | (mg/l) 0.02-0.07 | (mg/l) 0.10-0.80 |
| 90 metros | 0.20-0.40 | 0.14-0.20 | 0.29-0.80 |

B. Utilização de Águas Costeiras

Há vários usos para as águas costeiras, a saber:

- 1) fontes de alimentação, que incluem a pesca, a colheita de mariscos, e a propagação da vida marinha;
- 2) recreação, isto é: natação, esqui-aquático, "surf", pesca submarina, banho de mar. Em um país tropical equatorial, como é o ca-

so do Brasil, a temperatura da água permite o aproveitamento da praia durante o ano todo. O tempo de contato das pessoas com a água também é maior do que nas praias de países de clima temperado, onde as temperaturas da água do mar são mais frias;

- 3) águas de resfriamento para usinas elétricas, e abastecimento público de água, mediante dessalização.

É preciso reconhecer-se que esses usos das águas litorâneas não estão dispostos em escala de prioridade econômica, nem pretendem modificar e alterar os requisitos de qualidade da água. A importância relativa desses usos depende do desenvolvimento econômico local e dos interesses da população. Com um planejamento cuidadoso, na maioria das vezes, muitos desses usos são compatíveis. O mais importante é manter-se a qualidade da água costeira num nível tal que o meio ambiente natural e o meio ambiente criado pelo homem possam coexistir em harmonia.

C. Proteção da Qualidade das Águas Costeiras — Legislação e Aplicação

(1) Brasil

A legislação mais antiga que se refere à proteção da qualidade das águas navegáveis pertencentes ao território nacional brasileiro é do Ministério da Marinha, da Diretoria de Portos e Costas, através do Regulamento para Tráfego Marítimo, contido no Decreto 5798, de 11 de Junho de 1940, que foi alterado em 26 de Janeiro de 1961, pelo Decreto 50.114. Deste Decreto consta o Artigo 129, que dispõe sobre a proibição do lançamento de entulho, cinzas e óleos, em portos e vias navegáveis.

Posteriormente, em 29 de Junho de 1961, houve um outro Decreto Federal, n.º 50.877, o qual dispõe sobre o lançamento de resíduos tóxicos ou oleosos nas águas interiores e litorâneas do país, e aponta outras providências.

Em 28 de Fevereiro de 1967, publicou-se o Código de Pesca, Decreto-Lei Federal n.º 221, que dispõe sobre a proteção e estímulo à pesca, e dá outras providências. Este decreto abrange as águas brasileiras interiores, o mar territorial, as zonas de alto mar, e a plataforma continental.

Em 17 de Novembro de 1967, a Lei 5357 estabeleceu penalidades para as embarcações e terminais marítimos que lançarem detritos e/ou óleos em águas brasileiras.

Em 7 de Dezembro de 1976, o Ministério do Interior baixou uma Portaria, n.º 536, fundamentada no Decreto n.º 73.030, de 30-10-73, no Decreto-lei n.º 1413, de 14-08-75, e no Decreto n.º 76.369, de 3-10-75, a qual completa a Portaria n.º 13, no tocante à classificação das praias com base na qualidade das suas águas, objetivando a balneabilidade e recreação. Essa classificação tem por base o número máximo de coliformes por 100 ml.

Dependendo da concentração de coliformes, as praias são classifica-

das em: excelentes, muito boas, satisfatórias, suspeitas e más.

Em 11 de Abril de 1975, a Secretaria Especial do Meio Ambiente (S.E.M.A.) baixou a Portaria 003/SEMA, resolvendo o seguinte:

- 1) A concentração de mercúrio total não deve exceder 0,10 microgramas por litro de água marinhas, e 2, microgramas por litro de água de mananciais de abastecimento.
- 2) Os responsáveis pelo lançamento de efluentes que tornam o corpo receptor aquático — ainda que apenas em zonas restritas — poluído acima do nível estabelecido no Item 1 acima, ficam sujeitos às penalidades previstas na legislação penal aplicável.
- 3) Esta Portaria entrará em vigor na data de sua publicação.

Recentemente, devido a alguns acidentes ocorridos no litoral sul brasileiro com derramamentos de óleos de navios petroleiros, houve uma preocupação em planejar segundo uma nova legislação, para combater e prevenir futuros acidentes similares e visando a proteção das águas costeiras brasileiras. A CETESB — Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental — tem feito um esforço nesse sentido, e acredita-se que dentro em breve seja publicada uma regulamentação a respeito.

(2) EE.UU.

As medidas mais recentes para o controle da poluição, decretadas pelo Governo Federal dos EE.UU., constam da Portaria de Rios e Portos de 1899, referente à preservação de rios e portos, e outorgando jurisdição de Engenheiros, como um suplemento às suas responsabilidades para a manutenção das águas navegáveis da nação. Essa Portaria proibia a descarga de resíduos sólidos e líquidos (com exceção das águas pluviais) nas águas navegáveis. Desde então, foram decretadas várias leis para o controle da poluição de águas. O mais importante programa federal estabelecido foi o "ATO DA MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA", de 1970, o qual exige que qualquer atividade efetuada sob licença ou permissão federal seja atestada pelo Estado, para não conflitar com as normas referentes à qualidade da água. Os programas diretos de maior importância são administrados, principalmente, pela "Environmental Protection Agency" (E.P.A.), órgão federal de controle de poluição ambiental.

Os padrões de qualidade da água nos Estados Unidos foram estabelecidos pelos Estados e submetidos à aprovação do Governo Federal. Após aprovação, eles se tornariam Padrões Federais, a serem aplicados pelos Estados e garantidos pelo Governo Federal. Os padrões e normas estão divididos em três setores principais, cada um dos quais incluindo a designação da utilidade das águas.

Esses setores estão assim subdivididos:

- 1) As águas interestaduais servirão para: abastecimento público de água, recreação, e paisagismo, agricultura, suprimento de água industrial, "habitat" de peixes, e de outros tipos de vida aquática e selvagem.
- 2) Especificação de critério narrativo e numérico para assegurar a qualidade da água e defendendo aqueles usos (por exemplo: conteúdo de oxigênio dissolvido, temperatura e turbidez);
- 3) Aplicação de um plano de implantação para garantir as normas, os padrões e os critérios.

Para ilustrar a extensão dos padrões de qualidade da água costeira, o "Water Control Plan for Ocean Waters of California" (Plano de Controle de Qualidade da Água para Águas Oceânicas da Califórnia) está apresentado no Anexo 2, para referência.

III. PRÁTICA CORRENTE NA DISPOSIÇÃO OCEÂNICA DE ESGOTOS POR EMISSÁRIOS SUBMARINOS

A. Características do Efluente

(1) Esgotos Sanitários

A composição dos esgotos sanitários pode ser descrita de acordo com sua condição e concentração ou intensidade. Contém uma variedade de material inorgânico, que é característico das águas de abastecimento local, e frações orgânicas derivadas de águas servidas domésticas. A Tabela 4 ilustra a composição geral de esgotos sanitários e a indicação das concentrações médias encontradas em águas costeiras dos Estados Unidos.

(2) Esgotos Industriais

De uma maneira geral, as composições dos esgotos industriais são muito mais complicadas do que as dos esgotos sanitários. Em primeiro lugar, existem inúmeros tipos de indústrias. Além disso, para um mes-

mo tipo de indústria, o processo de fabricação de um mesmo produto pode variar e produzir despejos com características diferentes. O objetivo principal das indústrias é conseguir produtos de melhor qualidade ao menor custo possível. Portanto, o tratamento de despejos industriais não recebe a devida atenção, o que vem tornar ainda mais complexo o problema. O Anexo B mostra a qualidade das águas residuais referentes à maioria dos tipos de indústria.

B. Pré-Tratamento e Sistemas de Disposição Oceânica

Existem inúmeros fatores que devem ser considerados no projeto de um sistema de disposição oceânica de águas residuais. Não há dúvida quanto à preocupação principal em se proteger o mar e a vida marinha contra os danos dessas descargas. No entanto, também não se deve ignorar a enorme capacidade de diluição do oceano, decorrente da turbulência das ondas e correntes oceânicas das águas costeiras. Essas grandes diluições, quando utilizadas devidamente, podem contribuir substancialmente para o tratamento das águas residuais com um sistema de pré-tratamento integrado com uma disposição oceânica por emissário. Exemplificando: a diluição de 100 para 1 de água do mar com esgotos, equivale a um tratamento com 99% de eficiência. Portanto, no planejamento e projeto de um sistema de disposição de emissário submarino, o engenheiro tem a opção de selecionar e combinar o nível do pré-tratamento em terra com a capacidade de diluição e dispersão obtida pela disposição oceânica, de tal maneira que o sistema proporcione um tratamento eficiente dos despejos atendendo os objetivos de preservação da qualidade das águas receptoras.

Dois tipos de requisitos de qualidade de água foram regulamentados recentemente nos Estados Unidos, a saber:

- 1) quanto à qualidade das descargas de águas residuais, e
- 2) quanto à qualidade da água do corpo receptor (vide Anexo A).

Em 1973, o Departamento de Proteção do Meio Ambiente, sob os termos de sua legislação, determinou a necessidade de haver tratamento secundário para disposição oceânica. Desde então, tem havido muitos debates a respeito, dentro da comunidade científica. Ecólogos e engenheiros têm questionado repetidamente a necessidade do tratamento secundário de esgoto doméstico,

quando descarregado em mar aberto. Este ponto foi bastante debatido e combatido por inúmeras municipalidades da Costa Oeste, onde longos emissários descarregam em águas costeiras relativamente profundas. Maiores níveis de tratamento são necessários para a descarga de efluentes em massas de água restritas ou confinadas e com pouca possibilidade de dispersão e diluição, onde poderá desaparecer o oxigênio dissolvido, e onde o excesso de nutrientes e materiais sólidos poderá resultar em uma evidente degradação da massa de água receptora. No entanto, estes fatores são bem pouco significativos quando os despejos são descarregados em águas oceânicas mais profundas, de mar aberto. A rápida mistura e dispersão do efluente nas águas do mar pelo efeito de correntes marinhas, marés, ventos, ondas, etc., resulta em um eficiente tratamento. Vários problemas e questões relativos ao estímulo da atividade biológica em função da presença de nutrientes, bem como a eutrofização potencial ocasionada por descargas de esgotos no mar, foram estudados por "Officer e Ryther" (3). Nesse estudo, concluiu-se que o tratamento secundário não traz benefício no que se refere aos efeitos da eutrofização potencial, e que a instalação de um emissário submarino não tem, virtualmente, significado algum no que diz respeito àquele fenômeno. Pelo contrário, em mar aberto, onde há uma grande demanda de nutrientes, há um efeito benéfico de fertilização na cadeia alimentar aquática. Os esgotos domésticos de origem fecal portam um grande número de coliformes. No entanto, observa-se um rápido desaparecimento desses micro-organismos nas águas do mar.

Dependendo das condições locais das águas oceânicas, o desaparecimento de 90% deles ocorre em um tempo que varia desde uma fração de hora até uma ou duas horas. A maior e real preocupação para a disposição oceânica é a descarga de poluentes tóxicos, tais como metais pesados ou compostos orgânicos sintéticos, DDT, PCB e outros, que são nocivos à vida marinha. É de todo desejável e recomendável eliminar esses poluentes, tóxicos nas fontes de origem (no caso de fábricas, através de tratamento dos resíduos industriais). Eles são, inclusive, nocivos ao meio biológico das estações de tratamento de esgotos secundários, o qual uma vez afetado total ou parcialmente, necessita de dias para se recompor e voltar a efetuar o tratamento da água com a eficiência programada. Mesma sabendo-se que um grande número de metais pesados são tóxicos, é difi-

cil determinar até que nível eles são nocivos. Por outro lado, sabe-se também que algumas dessas substâncias são necessárias para o metabolismo dos processos biológicos.

Recentemente, a "Environmental Protection Agency" (E. P. A.), propôs uma nova orientação para modificar os requisitos sobre a necessidade de tratamento secundário para efluentes a serem dispostos em águas oceânicas. Este fato propiciará aos engenheiros uma grande flexibilidade nos seus projetos, objetivando métodos eficientes e economicamente atraentes para a solução dos sistemas de esgotos nas cidades próximas ao mar.

C. Efeitos Causados ao Meio Ambiente por Disposição Oceânica dos Efluentes

Embora o oceano venha sendo utilizado, desde o início dos tempos modernos, como corpo receptor de todos os despejos, nossos conhecimentos sobre os efeitos desses despejos na vida marinha estão ainda no seu estágio mais prematuro. Existem vários processos que afetam o destino e a distribuição dos poluentes lançados na massa de água oceânica.

A Figura 2 ilustra esses processos. Os despejos efluentes são diluídos e dispersos pelas correntes oceânicas por meio da turbulência, e carreados para longe da fonte em grande diluição na massa líquida. O oceano é muito vasto. Se todos os efluentes líquidos gerados pelo homem fossem descarregados no oceano e nele uniformemente distribuídos, sua concentração seria não mensurável. Porém, na realidade, há uma concentração maior de certos poluentes, junto às fontes de emissão. Entretanto, mediante um projeto adequado de emissário submarino, incluindo uma cuidadosa seleção do ponto de descarga, não haverá efeitos adversos nas águas locais, podendo ocorrer até mesmo melhoria da qualidade das águas, e serem mantidos os usos das mesmas.

No momento, acredita-se que o programa mais completo e ambicioso de controle de águas oceânicas — cujo objetivo principal é a compreensão da ecologia das águas costeiras e os efeitos das atividades humanas no meio ambiente marinho — é a pesquisa que está sendo executada pela "Southern California Coastal Water Research Project" (SCCWRP). Essa organização foi fundada em 1969 e é apoiada por cinco entidades governamentais: Prefeituras de Los Angeles e de San Diego, e Municípios de Los Angeles, Orange e Ventura. Conta ainda com suporte técnico de um grande nú-

mero de químicos, biólogos, engenheiros e oceanógrafos. É controlada por uma comissão de membros eleitos líderes civis, e conta com a supervisão técnica e apoio de um grupo de eminentes cientistas em oceanografia e saúde. Vários relatórios anuais têm sido publicados pelo SCCWRP. Suas pesquisas e conclusões têm sido publicadas em numerosas revistas técnicas. Foi editada uma publicação especial em junho de 1978, que contém uma extensa coletânea de dados e informações obtidas nos últimos anos. Com base nessa grande quantidade de dados e informações, tem-se tentado esclarecer uma série de idéias errôneas sobre o efeito da disposição de águas residuárias em águas oceânicas. Esse relatório foi citado pelo editor em setembro de 1978, no *Water Pollution Control Journal* (6,7), o qual está aqui reproduzido nos parágrafos seguintes:

"Criou-se uma lenda sobre as condições das águas costeiras do Sul da Califórnia. O público em geral, que não é muito bem informado sobre o oceano e suas atividades, tem sido mal dirigido por meias verdades e falsas interpretações, disseminadas pela imprensa, televisão e filmes documentários.

Certas afirmações absolutamente infundadas têm sido repetidas, até serem aceitas como verdades. Por exemplo: (1) "O oceano está sendo poluído, e por isso está morrendo"; (2) "Um mar morto ou "um deserto ecológico" está sendo criado em mar aberto, devido às descargas de efluentes; (3) "Existe uma enorme montanha de "lodo" no fundo do mar, que poderá vir para a praia"; (4) "Certas espécies de vida marinha foram irreversivelmente destruídas ou forçadas a emigrar para outras áreas, por causa dos despejos humanos"; (5) "A pesca está sendo alterada e certas espécies não são mais encontradas, como consequência da poluição por esgotos; (6) "As algas gigantes desapareceram de Palos Verdes e têm sido destruídas, em outras localidades, por despejos poluidores".

Vamos examinar cada uma destas alegações:

"O OCEANO ESTÁ SENDO POLUÍDO, E POR ISSO ESTÁ MORRENDO"

"Sabe-se hoje, com certeza, que não há lugar algum nas águas das zonas costeiras do Sul da Califórnia sem forma de vida aquática. Geralmente, há maior número de espécimes, de poucas espécies, vivendo em áreas influenciadas por esgotos, do que em outras áreas remotas, sem contato com emissários submarinos. Em zonas marinhas naturais

não afetadas pelo homem, a média do número de espécies encontradas em 0,1 m² de sedimentos no fundo do mar é de 70, e a média do número de espécimes presente está por volta de 2.500 por m². Na área mais afetada por descarga de águas residuárias (perto do emissário submarino de 7 milhas, do Tratamento de Esgotos Hyperion), existem cerca de 24 espécies por 0,1 m² e 20.000 espécimes por metro quadrado de sedimentos no fundo do mar (apenas 1/3 do número de espécies encontradas nas estações de controle e oito vezes maior em número de espécimes. Perto do emissário de Palos Verdes nas áreas mais afetadas pelo esgoto, encontrou-se 15 espécies e 9.000 espécies para as mesmas áreas unitárias de sedimentos no fundo do mar.

O número de animais capturados por uma rede padrão em águas marinhas naturais é de 230 peixes de 15 espécies, e 370 invertebrados de 12 espécies. Na área da descarga de lodo pelo emissário de Hyperion, de 7 milhas, são capturados pela rede padrão 530 peixes de 20 espécies, e 1.660 invertebrados de 18 espécies (duas a cinco vezes mais animais de um maior número de espécies).

Perto dos difusores do emissário de Palos Verdes foram encontrados até 700 peixes de 20 espécies e 400 invertebrados de 12 espécies. Portanto, nessas áreas de descarga encontrou-se maior número de vertebrados e invertebrados e maior número de espécies.

O número de espécies de invertebrados no fundo do mar, encontradas nas áreas dos lançamentos submarinos, foi substancialmente menor do que nas áreas de controle, mas o número de espécimes dessas espécies era muito maior".

"EXISTE UMA ENORME MONTANHA DE "LODO" NO FUNDO DO MAR, QUE PODERÁ VIR PARA A PRAIA"

"Cientificamente, lodo é definido como qualquer partícula de material descarregado com esgoto e que se sedimenta no fundo do oceano, nas imediações de um lançamento submarino. Essas partículas constituem, na sua generalidade, matéria orgânica. O seu aumento nos sedimentos de fundo é medido como "sólidos voláteis em excesso". Com base em medições de sólidos voláteis no fundo do mar junto aos emissários de "Ventura", de "Orange County" e "San Diego", constatou-se a existência de pequenas quantidades de partículas de esgoto. Uma área de uma milha quadrada ao redor dos difusores do emissário submarino de Hyperion, com 5 milhas de comprimen-

to, mostrou um pequeno aumento de sólidos voláteis acima do nível natural de 4%.

A área correspondente ao emissário de lodos de Hyperion, de 7 milhas de comprimento, é de aproximadamente 4,6 milhas quadradas, e a de Palos Verdes chega a ser da ordem de 5,8 milhas quadradas. Na maioria dessas zonas de influência dos emissários, o fundo aparenta ser normal, como foi revelado por estudo fotográfico, que mostra a mesma cor do fundo na área das estações de controle, e do fundo do mar nas zonas de influência dos emissários. Em ambas as áreas puderam ser vistas grandes colônias de estrelas do mar e outros animais marinhos, habitantes do fundo do mar.

A área total de onde pode ser detectado odor de H₂S em amostras de sedimentos, trazidas à superfície, não excedeu a duas milhas quadradas (correspondente a 200 milhas quadradas da Baía de Santa Mônica).

O material particulado proveniente do emissário de lodo de Hyperion (7 milhas) pode ser detectado pela identificação de policloreto de bifenila (P.C.B.) fixado nessas partículas, o qual é encontrado em níveis bastante baixos. Muitas medidas de P.C.B. na Baía de Santa Mônica revelam que os depósitos de lodo são retidos em vales submarinos ("canyons") ou são gradativamente carregados para o oceano afora".

"CERTAS ESPÉCIES DE VIDA MARINHA FORAM IRREVERSIVELMENTE DESTRUÍDAS OU FORÇADAS A EMIGRAR PARA OUTRAS ÁREAS POR CAUSA DOS DESPEJOS HUMANOS"

(Foram mencionados pelicanos e sardinhas)

"Constatou-se que nenhuma espécie de animal esteve em vias de extinção por descarga de esgotos na costa do Sul da Califórnia. Por alguns anos, antes da descoberta de grandes despejos contendo DDT, que foram interrompidos em 1970, os "pelicanos marrons" que viviam nas "Ilhas Canal" não foram capazes de reprodução. Desde então os níveis de DDT no mar decresceram tremendamente, e segundo afirma o Departamento de Jogos e Pesca da Califórnia, as populações dessa espécie de pelicano e outras têm aumentado, e o nível de reprodução na área, em 1977, foi considerado praticamente normal. Em 1978 a taxa de crescimento parece ter diminuído, porém sem relação com as descargas oceânicas.

As sardinhas, as quais eram usualmente abundantes nas águas costeiras do Sul da Califórnia, são hoje bastante raras. Registros em entida-

des controladoras locais (Santa Bárbara Basin), mostram que as sardinhas migraram, em muitos períodos nas últimas décadas, por razões naturais. É, portanto, lógica a esperança de que grandes cardumes de sardinhas voltarão para aquela área. Constatou-se que as sardinhas foram parcialmente desalojadas pelas anchovas, as quais foram estimadas, em 1977, em 3.6 milhões de toneladas, nas águas costeiras do Sul da Califórnia. Este ano, a população de anchovas diminuiu por outras razões não relacionadas com a poluição."

"A PESCA ESTÁ SENDO ALTERADA, E ALGUMAS ESPÉCIES DE PEIXES NÃO SÃO MAIS ENCONTRADAS, COMO CONSEQUÊNCIA DA POLUIÇÃO POR ESGOTOS"

"O número de peixes pescados anualmente em pesca esportiva dobrou, nos últimos 25 anos, e atualmente registra-se um número superior a 2 milhões de homens/hora por ano, dedicados a esse tipo de pesca.

Os registros do Departamento de Pesca Esportiva da Califórnia mostram que há maior abundância de pescado nas zonas dos emissários do que em outras zonas. Há diferenças regionais de tipo de pescado, mas atribui-se o fato às preferências pessoais de pesca.

A pesca de cada espécie de peixe varia. E há anos melhores para a pesca de certas espécies do que para outras, e vice-versa. Nos últimos anos, a pesca de algumas espécies diminuiu, tais como a do "barbacuda", a do "halibut", e a do "bass" marinho, mas a de outras aumentou, tal como a do "bonito" e a do "rock fish".

"AS ALGAS GIGANTES DESAPARECERAM DE PALOS VERDES E TÊM SIDO DESTRUÍDAS, EM OUTRAS LOCALIDADES, POR DESPEJOS POLUIDORES"

"Em Santa Bárbara e San Diego, as algas não parecem sofrer a influência de despejos. Em San Simeon e na Ilha de San Clemente (longe de qualquer emissário submarino) assim como em Palos Verdes, grandes zonas cobertas de algas gigantes desapareceram.

As razões mais próximas e imediatistas para explicar tal fato são: ação violenta das ondas; episódios de intrusão de águas mais quentes; baixos níveis de nutrientes; ação predatória de peixes; e alguns compostos de águas residuárias. Ultimamente, fala-se em sólidos em suspensão, os quais aumentam a turbidez das águas do mar e reduzem os índices de penetração da luz solar,

ou sólidos que se sedimentam nas rochas e evitam a fixação de plantas novas.

No passado, o DDT também pode ter afetado as plantas, porém este mecanismo ainda não foi explicado e compreendido. Alguma combinação destes fatores deve realmente ter afetado as algas gigantes, pois elas ficaram totalmente desaparecidas de 1971 a 1974. Entre 1974 e 1977, elas voltaram a crescer, e os campos submersos de algas cobrem atualmente 85 acres de fundo do mar. Alguns campos foram replantados pelo Departamento de Pesca Esportiva da Califórnia, outros por um grupo do Instituto de Tecnologia da Califórnia, e alguns iniciaram-se espontaneamente. Há também outras espécies de algas desenvolvendo-se e cobrindo cerca de 300 acres da plataforma submarina de Palos Verdes. Este fato poderá ser benéfico para o ressurgimento das algas gigantes".

O controle das descargas por emissários submarinos em zonas costeiras, foi estudado pelo "United States National Academy of Sciences" (8). A conclusão deste estudo é relatada a seguir:

"Defendemos a tese da flexibilidade na solução dos problemas de disposição oceânica. A capacidade de tratamento das águas marinhas atenua, efetivamente, a ação de poluentes, a um nível onde pouco ou nenhum efeito se manifesta, pois é muito variável e depende da relativa magnitude de mecanismos disponíveis para uma dispersão segura no meio ambiente marinho. Portanto, quando águas residuárias são descarregadas em águas costeiras abertas, através de emissários com difusores adequadamente construídos, o parâmetro DBO não é significativo para medir a poluição, porque a biodegradabilidade da matéria orgânica não tem concentração suficiente para causar uma diminuição mensurável de oxigênio. Embora a concentração de nutrientes seja relativamente alta, em comparação com a das águas do mar, devido à rápida diluição nas mesmas, praticamente não há efeitos adversos; ao contrário, se não houver excesso na capacidade de reciclagem para as águas marinhas, estes nutrientes trarão melhores condições para o estabelecimento de um ecossistema. Certos tóxicos específicos poderão causar problemas adversos na vida marinha local. Entretanto, cada caso deve ser considerado particularmente e, se possível, removidos na sua origem os tóxicos específicos, antes de entrar na rede coletora de esgotos municipal".

Pelo exposto acima, e com base em relatórios de autoridades competentes no assunto, pode-se dizer que, de maneira geral, o público não é bem informado a respeito dos efei-

tos das descargas de esgotos no mar.

Aplicando-se a tecnologia moderna nos projetos e construções de emissários submarinos, e exercendo-se o devido controle da qualidade de emissões, a descarga no oceano não será prejudicial ao meio ambiente marinho.

IV. PROJETO DE EMISSÁRIOS SUBMARINOS

A. Aspectos Gerais

No planejamento e projeto de um emissário submarino, deve-se ter como base cinco etapas principais de trabalho. Essas fases estão sequencialmente ilustradas na Figura 3. A seguir, cada uma dessas etapas será estudada resumidamente.

B. Seleção Preliminar do Ponto de Descarga, Identificação dos Usos e Benefícios, e Padrões de Qualidade das Águas Receptoras

É de vital importância que durante a fase de planejamento, todas as entidades governamentais e outras, interessadas no assunto, sejam informadas sobre as alternativas referentes aos pontos de lançamento. Devem ser analisados os usos e benefícios dessas águas nas áreas de descarga, bem como os padrões de qualidade das águas receptoras, os quais são estabelecidos pela legislação local.

C. Anteprojeto e Pesquisas Oceanográficas

O principal objetivo das informações obtidas através das pesquisas oceanográficas é fornecer uma base adequada para as decisões a serem tomadas, as quais exercerão influência, a nível de projeto executivo.

A obtenção de parâmetros físicos tem por finalidade a previsão das diluições e dispersões do campo de esgotos nas águas oceânicas, e a determinação do destino final dos efluentes lançados, através das correntes de circulação.

Os parâmetros químicos e biológicos fornecem informações relevantes sobre a qualidade da água, a qual varia consideravelmente, e estabelecem uma visão do meio ambiente marinho na área de estudo. O "California Water Resource Control Board" (9) estabelece orientação para as pesquisas e campanhas oceanográficas de monitoragem, as quais antecedem um projeto de emissário submarino. Estudos detalhados a respeito foram publicados por Hennesy e Chao (10), Feuerstein (11) e Bascom (12). Essas informações básicas podem ser utilizadas para se

estimar as condições do meio ambiente após a construção do emissário, indicar a operação do sistema de disposição oceânica, prever os efeitos sobre o meio ambiente, e planejar alterações futuras, se necessárias.

O objetivo das pesquisas geológicas é obter informações sobre a estrutura do fundo do mar (informações essas fundamentais para o projeto estrutural), o tipo de tubulação, e o método construtivo a ser adotado. O tipo de solo do fundo do mar, sua capacidade de carga, sua estabilidade, bem como seus movimentos, devem ser muito bem conhecidos. As técnicas empregadas nesse tipo de campanhas foram discutidas por Dixon e Wilson (13).

D. Projeto Executivo

(1) Projeto Funcional Básico

Para cada determinado tipo de esgoto a ser lançado ao mar, há uma variedade de métodos e fases de pré-tratamento os quais, combinados com o comprimento do emissário e profundidade no local de descarga, atendem aos requisitos de qualidade da água do corpo receptor. Geralmente, um maior nível de tratamento requererá do sistema de disposição oceânica menores capacidades de diluição e dispersão. No caso do emprego de tubulação de polietileno de alta densidade, o custo adicional da tubulação para um trecho de emissário representa apenas o custo da matéria-prima e da mão-de-obra para fabricá-la, que é mínimo em relação ao custo total da obra, considerando-se a implantação do canteiro, os custos de transporte e de assentamento. Entretanto, o mesmo não ocorre com emissários em concreto e/ou aço, cujo custo por metro linear adicional é significativo, existindo portanto interesse em se reduzir o seu comprimento, considerando-se ainda a necessidade de um tratamento de maior intensidade, sofisticação e qualidade.

Em certos casos, devido ao alto nível de tratamento dos esgotos, um emissário de pouco comprimento é suficiente para a proteção do meio ambiente. Por outro lado, emissários longos têm efetuado a disposição apropriada de esgotos com pré-condicionamento ou apenas tratamento primário. A diluição de 1:100 fornece um tratamento substancial do esgoto lançado. Portanto, para que se possa optar pela alternativa mais adequada (tratamento versus comprimento de emissário) as várias concepções deverão ser estudadas cuidadosamente.

Os tipos de tratamento comumente existentes são: pré-tratamento, e tratamentos primário, secundário e ter-

ciário. Cada um deles remove diferentes tipos e quantidades de materiais.

Indicamos abaixo os tipos de material a ser removido e a eficácia de cada um dos tratamentos:

Pré-tratamento — gradeamento para a remoção de sólidos grosseiros, e caixa de areia para retenção de material pesado rapidamente sedimentável.

Tratamento primário — inclui o pré-tratamento, e remove o restante de sólidos sedimentáveis, e material flutuante. Se necessário, poderá haver digestão anaeróbica do lodo, isto é, de sólidos sedimentáveis, os quais poderão ser transformados em condicionadores de solo, havendo ainda métodos de disposição final para os sólidos retidos.

Tratamento secundário — inclui os anteriores (pré-tratamento e tratamento principal) e remove quantidades substanciais de matéria orgânica na forma coloidal e dissolvida através de células biológicas de aeração.

Tratamento terciário — é a última fase após os tratamentos anteriores (primário e secundário), e remove outros poluentes ou elementos específicos, através de uma série de processos físicos, químicos e biológicos.

Há ainda um outro método, conhecido como desinfecção, que é um processo específico usualmente aplicado a despejos descarregados em corpos receptores cuja capacidade de diluição é limitada e nos quais existem agentes causadores de doenças que podem ser retransmitidos às pessoas que vierem a se utilizar do sistema aquático.

Uma vez definido o grau de tratamento adequado para o determinado comprimento da tubulação, fica resolvido o problema da disposição oceânica. A Figura 4 mostra um sistema de disposição oceânica que consiste em uma linha-tronco que transporta o esgoto até o local de descarga. A dispersão na água do mar é feita através de difusor. O difusor é uma tubulação com orifícios adequadamente dimensionados e espaçados. A sua função é distribuir o efluente numa área bastante extensa, a fim de poder haver uma boa diluição inicial. Estudos intensivos têm sido feitos nos últimos 20 anos para se analisar o comportamento dos jatos através dos bocais do difusor.

Vários artigos a respeito do assunto podem ser encontrados em revistas técnicas.

A seguir, uma breve explanação acerca dos fenômenos de diluição, dispersão e transporte do efluente dos jatos e do campo de esgotos.

a) Diluição inicial: quando o esgoto é descarregado na água do mar

através dos orifícios do difusor, torna-se imediatamente sujeito a uma força vertical no sentido ascendente, proporcional à diferença de densidades existentes entre o esgoto e as águas locais. O movimento relativo entre o jato e a água do mar provoca esforços que, por sua vez, geram uma mistura turbulenta entre o efluente e as águas receptoras, resultando numa eficiente diluição dos esgotos na área imediatamente adjacente ao emissário. Se houver ausência de termoclina no local difusor, as diferenças de densidade farão com que o campo de esgotos chegue até a superfície e complete o processo da diluição inicial. Estudos teóricos e práticos têm sido realizados para estimativa dessa diluição inicial. (15-21)

b) Submergência do Campo de Esgotos: no caso de haver uma mudança brusca de densidades entre as águas de fundo e as da superfície na zona de descarga, o esgoto misturado com as águas oceânicas poderá ser mais denso do que a camada de água superficial. Neste ponto, a pluma cessa sua ascensão e forma uma nuvem submersa. Quando isso ocorrer, o campo de esgotos fica submerso. Esta condição é bastante favorável. (19-20)

c) Dispersão do campo de esgotos na superfície do mar em condições de mar calmo: na ausência de correntes marítimas, o campo de esgotos fica submerso. Esta condição é bastante favorável. (19-20)

c) Dispersão do campo de esgotos na superfície do mar em condições de mar calmo: na ausência de correntes marítimas, o campo de esgotos superficial se espalhará em todas as direções. A quantificação dessa diluição e o tempo de avanço da borda limítrofe do campo de esgotos têm sido estudados por muitos cientistas. (22, 23 e 24)

d) Dispersão com correntes: sempre que o campo de esgotos for interceptado por correntes marítimas, ele se deslocará na direção dessas correntes e receberá uma diluição adicional devido à dispersão turbulenta. O índice de diluição subsequente devido à dispersão superficial é relativamente pequeno, quando comparado com a diluição inicial na descarga. Estudos detalhados deste fato foram elaborados por Brooks (25), e têm sido amplamente aplicados no cálculo de projeto de disposição oceânica.

e) Redução do número de coliformes: quando o esgoto é descarregado em águas marinhas sujeitas ao uso recreacional, deve ser analisado o fato da contaminação por bactérias. O ambiente das águas oceânicas não é favorável para os coliformes, que só são detectados em uma

faixa de mar muito estreita ao longo da costa. Há inúmeras causas que determinam o rápido desaparecimento dos coliformes em águas do mar, como por exemplo os efeitos bactericidas dos raios ultra-violeta da luz solar, ataques por bacteriófagos e protozoários, sedimentação (26) etc. No entanto, ainda não se pode afirmar com exatidão absoluta qual o fator de maior importância que determina esse fenômeno. Acredita-se que o desaparecimento dos coliformes é consequência de uma reação de primeira ordem. Chama-se de T-90 o tempo de detenção nas águas oceânicas necessário para que ocorra o desaparecimento de 90% das bactérias. Devido a esses fatores ainda não muito bem explicados, é recomendável que antes da elaboração do projeto, seja determinada a razão do desaparecimento das bactérias. Shulval (27) e Harremoes (28) definiram métodos para estimar o valor do T-90.

(2) Projeto Hidráulico

Na análise e cálculos hidráulicos há vários fatores importantes a serem estudados, tais como a altura monométrica total disponível (é particularmente importante, quando se tratar de método por gravidade), a velocidade mínima no emissário para evitar sedimentação etc. Também deverão ser feitas considerações para as diversas etapas de construção, para atender às vazões crescentes.

No projeto hidráulico há vários pontos críticos que devem ser levados em consideração, além dos já mencionados:

a) Cálculo hidráulico das velocidades mínimas: precauções especiais devem ser tomadas ao se projetar um emissário para uma população futura, dentro de 20 ou 30 anos. As vazões obtidas demandarão diâmetros relativamente grandes, muito maiores do que os utilizados para a necessidade atual. Assim sendo, é necessário um cuidado especial no sentido de se manter a velocidade mínima adequada, isto é, 0,6 m/s, mesmo no início de operação a fim de se evitar deposição e eventual obstrução da tubulação. Deve-se ter em mente a possibilidade de aumento de vazão no futuro, por bombeamento, ou mesmo a incorporação de uma linha paralela adicional. Há exemplos de casos de acidentes já ocorridos devido ao entupimento da tubulação provocado por deposição de matéria sólida sedimentável. No Brasil pode ser citado o caso do emissário de Salvador, que recentemente precisou ser submetido a uma operação de limpeza devido à ocorrência de obstrução. A falta de vazão suficiente de esgotos implica na ne-

cessidade de bombeamento de água de diluição no mesmo.

b) Estudos especiais contra o golpe de aríete.

c) Dispositivos especiais, como chaminés de equilíbrio, para evitar a entrada de ar na tubulação: este fato poderá ocasionar o flutuamento de uma parte do emissário, se a tubulação for de polietileno de alta densidade, e até mesmo ruptura, no caso de tubulação de aço e concreto.

d) Projeto dos difusores.

Além da função primária de dispersão inicial do efluente, a configuração geométrica e a orientação do difusor também são fatores importantes e devem ser considerados para que se obtenha um melhor aproveitamento possível de fatores naturais, tais como correntes oceânicas locais, posição em relação à praia mais próxima e movimentação das águas. Os fatores hidráulicos que deverão ser analisados para o cálculo dos difusores são:

1) velocidade mínima para prevenir decantação;

2) distribuição dos orifícios de descarga ao longo do comprimento do difusor;

3) características do jato através dos bocais do difusor para minimizar a entrada de água salgada no difusor. Estudo detalhado desses fatos foram publicados por Rawn et al (29), Chao e Campuzano (30) e Koh e Brooks (20).

(3) Projeto Estrutural

O projeto estrutural é fundamental para obter-se estabilidade e durabilidade da obra, evitar falhas de fundação e de proteção da linha contra os esforços das ondas e da movimentação do fundo do mar. As forças hidrodinâmicas que atuam sobre uma tubulação não enterrada são: as forças de arraste, de inércia, e de levantamento, criadas pelo movimento das ondas. Para se estimar a magnitude destes esforços é preciso considerar as ondas máximas para o tempo de vida projetado para o emissário. Vários cientistas escandinavos têm estudado a fundo este fenômeno e numerosos modelos matemáticos foram feitos, mas ainda há certos fenômenos pouco conhecidos.

O Departamento de Engenharia Costeira (31, 32 e 33) e de Meteorologia da Califórnia apresentam informações quanto às condições de intempéries, ventos fortes e ondas de grande amplitude. Com base nas características das ondas máximas determinadas para o projeto, pode-se calcular as velocidades horizontais de fundo, as quais causarão esforços na tubulação. Sabendo-se as velocidades das ondas, pode-se calcular os esforços na tubulação (34, 35).

Com base nesses esforços calculados e informações sobre a erosão local (36), podem ser calculadas as proteções e ancoragens para a tubulação (33, 34).

(4) Métodos construtivos e materiais para tubulação

A construção de emissários oceânicos enfrenta toda a problemática bem conhecida de assentamento e preparação de tubulações em terra e, além disso, sofre toda uma série de grandes dificuldades devido à grande variação da dinâmica do oceano. Por esse motivo, a construção do emissário deve ser profundamente estudada e integrada ao projeto.

A construção e assentamento da tubulação deve ser compatível com a capacidade dos empreiteiros disponíveis e seus métodos construtivos, para que se possa executar a obra em tempo hábil e a custos razoavelmente próximos aos estimados. É necessário haver harmonia entre os materiais da tubulação, tipos de juntas, tipos de suportes, equipamentos e técnicas desenvolvidas e disponíveis pelos empreiteiros. Para se obter preços competitivos, trabalho de alta qualidade e segurança, o projeto final e suas especificações devem ser suficientemente flexíveis e bem orientados para permitir a participação de vários construtores na concorrência da obra do emissário. O projetista precisa conhecer as técnicas construtivas mais atuais e aceitar a responsabilidade de produzir um projeto realístico, dentro das melhores condições econômicas e técnicas disponíveis, a fim de que se possa cumprir o critério de projeto e obter uma construção que ofereça o mínimo de problemas para o cliente.

Os requisitos para a determinação do material da tubulação são: resistência à corrosão; juntas seladas contra vazamentos; e alto grau de resistência e integridade. A maioria dos emissários de grandes diâmetros construídos nos Estados Unidos são de concreto estrutural, aço revestido de concreto, ferro fundido, ou ferro dúctil. Emissários de poliéster ou outras resinas têm sido utilizados com sucesso em lagos e estuários. Recentemente, tubos de polietileno e polipropileno de alta densidade e com até 1,2 m de diâmetro, têm sido utilizados na Europa e no Brasil (37, 38, 39), na construção de emissários em mar aberto, com um resultado técnico-econômico excelente.

Existem basicamente, 3 métodos de construção para emissários oceânicos, a saber:

1) Tubos de aço soldados revestidos de concreto são puxados para o local de assentamento, pelo fundo

do oceano, com força de empuxo negativo controlada.

2) Tubos de concreto e ferro fundido geralmente são assentados um a um, ou em seções.

3) Os tubos de polietileno ou polipropileno de alta densidade, praticamente sem juntas, leves e de grande flexibilidade, podem ser rebocados em grandes extensões pela superfície, sob praticamente quaisquer condições marítimas submergidos e assentados com relativa facilidade e grande precisão.

Por essas razões, é fundamental que se conheçam as condições climáticas e do mar local para a escolha do melhor tipo de tubulação e do método construtivo mais indicado para o caso. Para minimizar custos de construção e evitar perdas e imprevistos, é essencial obter-se dados históricos relativos à ocorrência, frequência e intensidade de ventos e ondas, a fim de tornar possível a previsão quanto ao que poderá ocorrer durante o período de construção. A escolha de um determinado tipo de tubulação e de um método de construção pode reduzir sensivelmente o tempo de trabalho aquático e subaquático em mar aberto, e portanto diminuir os riscos, imprevistos e custos.

V. CUSTOS

A. Custos de Construção

Os custos de construção de emissários submarinos são relativamente altos, devido não só aos equipamentos sofisticados e técnicos altamente especializados, como também pelo fato dos empreiteiros terem que enfrentar situações adversas e hostis durante os trabalhos no mar.

Muitas vezes, devido ao uso de equipamentos altamente sofisticados, técnicas especializadas e pessoal qualificado e treinado, e dependendo das condições do mar onde será instalada o emissário, os custos de mão-de-obra poderão ser muito mais elevados do que a tubulação propriamente dita e do material empregado. Em geral, os custos onerosos de um emissário são reflexos do maior diâmetro do tubo, o que requererá um equipamento de maior porte. Uma outra razão que indiretamente acarreta aumento dos custos de construção é a pouca disponibilidade desses equipamentos específicos, entre a maioria dos empreiteiros. Mesmo sabendo-se desses problemas, é bastante difícil definir o que sejam grandes ou pequenos diâmetros. De maneira geral diz-se que emissários com diâmetro de 0,45 m até 0,60 m são considerados pequenos, e os de diâmetro acima desses valores são considerados grandes.

É portanto bastante arriscado e bem pouco realístico estimar-se os custos de construção de um emissário submarino, sem se dispor das informações necessárias. No entanto, Wallis (40) coligiu uma série de custos de obras similares já executadas. Conforme mostra a Figura 5, os custos são classificados em 3 categorias:

a) Condições de alto custo, que se referem à construção em mares agitados, com ondas de grande amplitude, execução de túnel sob a zona de rebentação etc.

b) Condições de baixo custo, com facilidades de execução, áreas protegidas, pouca profundidade etc.

c) Condições normais de custo são aquelas previstas, que requerem cuidados normais e utilização de equipamentos comumente empregados. Os custos apresentados no gráfico da Figura 5 referem-se somente a tubos de concreto e tubos de aço revestidos de concreto. Os custos indicados são, como anteriormente dito, de obras já executadas e servem apenas com base para comparação de custos. Só é possível elaborar-se uma estimativa de custos detalhados após o término do projeto detalhado, definitivo, baseado no conhecimento prévio das condições do local da obra.

Janson (49) apresenta uma outra fonte de informações sobre custos de construções de emissários, comparados com custos de níveis de tratamento de esgotos (Vide Tabela 6).

Os custos apresentados nessa Tabela baseiam-se nos da construção de um emissário com tubulação de polipropileno de alta densidade, de 1,00 m de diâmetro e com espessura de parede de 40 mm. A capacidade de vazão do emissário depende do seu comprimento e de sua perda de carga disponível. No caso em estudo, com um comprimento de 3.000 m e uma altura manométrica de 20 m de coluna de água a vazão decorrente é de aproximadamente 2,0 m³/s ou 45,6 M.G.D.

Os custos para as Estações de Tratamento de Esgotos basearam-se em relatórios publicados pelo "Statens Naturvadsverk" (The National Swedish Environmental Protection Board) de março de 1974.

Os custos para o lançamento submarino incluem os seguintes itens:

- estação elevatória, com torre de chaminé de equilíbrio;
- emissário submarino que inclui:
 - extrusão do tubo de polipropileno de alta densidade;
 - abertura da vala e reenchimento, na zona de rebentação;
 - submersão da tubulação com os blocos de ancoragem inclusos.

B. Custos de Operação e Manutenção

De maneira geral, a operação de um emissário submarino é bastante simples. Um operador com experiência e conhecimento de adutoras sob pressão poderá operar um emissário com facilidade. Os únicos custos operacionais são os que envolvem os salários dos operadores e o custo de energia elétrica, quando o emissário é operado por bombeamento. Contudo, esse custo operacional é mínimo, para os casos de emissários por gravidade.

Os custos de manutenção para um emissário bem projetado e bem construído geralmente limitam-se ao custo da inspeção anual e da operação de lavagem com injeção de água sob pressão. Porém, com um pré-tratamento apropriado e com remoção de sólidos grosseiros, sedimentáveis e flutuantes, a operação de lavagem pode ser praticamente eliminada. A inspeção física do emissário requer uma equipe de mergulhadores munidos de equipamento apropriado, para a verificação do tubo e suas ancoragens etc. A limpeza e manutenção de emissários foram estudadas e publicadas por Galloway (41), Powell e Van Heit (42).

VI. OUTROS MÉTODOS ALTERNATIVOS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE EFLUENTES

A. Irrigação

O uso de efluentes domésticos para irrigação de plantações é muito antigo. O efluente adequado para a irrigação deve estar isento de metais pesados e outros elementos tóxicos, que possam ser prejudiciais às plantas que estão sendo irrigadas e/ou às pessoas que poderão se utilizar das mesmas, posteriormente. Algumas plantas têm a tendência de concentrar certos metais pesados e poderão acumular concentrações que não são adequadas ao consumo humano. No caso de irrigação geralmente é necessária uma desinfecção do efluente, para proteger os fazendeiros e/ou trabalhadores rurais e prevenir a disseminação de doenças entre eles e entre os consumidores. A vazão de efluente a ser consumida e disposta através de irrigação depende do tipo de cultura, clima, capacidade de infiltração do solo etc.

A "Environmental Protection Agency" (E.P.A.) dos Estados Unidos está atualmente financiando vários projetos de irrigação no país. Um dos maiores sistemas existentes no mundo, de irrigação com esgotos, foi construído em Melbourne, Austrália, onde 27.000 acres de pastagens são irrigados para manter 20.000 cabeças de gado e 10.000 ovelhas.

B. Reutilização na Indústria

Para certas indústrias com alto consumo de água de baixa qualidade, é viável a reciclagem de esgotos. É muito comum a reutilização de esgotos domésticos como água de resfriamento e operações de perfurações de solo. Essa prática é bastante difundida nos Estados Unidos.

C. Reutilização na Recreação

Na irrigação de jardins e áreas verdes de clubes de golfe, parques municipais e parques privados, tem-se utilizado, com frequência, efluente secundário desinfetado. Desde 1964 o "Santee Project", nos arredores de San Diego, Califórnia, formou uma série de lagos artificiais que são utilizados para passeios em embarcações, pesca e outras atividades recreacionais. A atual tecnologia no tratamento de esgotos permite um alto grau de depuração que produz efluente de qualidade adequada aos usos acima descritos.

D. Descarga do Lençol de Água Subterrâneo

Esta também é uma maneira de se dispor de efluentes de esgotos tratados. O melhor exemplo de esforço nesse sentido é o caso de "Whittier Narrows Reclamation Project" operado pelo "Los Angeles County Sanitation District". Nesse projeto, esgotos com alto grau de tratamento são utilizados para suprir o lençol subterrâneo da Bacia do "Hondo River" (43). A recarga do lençol subterrâneo também tem sido utilizada para reter a intrusão de água marinha no lençol subterrâneo de água doce, em regiões costeiras. Um desses exemplos é o projeto de recarga do aquífero subterrâneo em "Orange County", na Califórnia. O mesmo tipo de aplicação é praticado e conhecido em Israel. Outro uso ainda é o recarregamento do subsolo junto aos poços de extração de petróleo, para aumentar a produção de óleo.

Para qualquer operação de recarga de aquíferos é muito importante a qualidade final do efluente de esgoto tratado. O efluente precisa estar praticamente livre de sólidos em sus-

ensão, os quais poderão ocasionar a impermeabilização do solo. É preciso haver alta remoção de matéria orgânica dissolvida, sais minerais e praticamente completa eliminação de elementos tóxicos. Os elementos tóxicos, uma vez disseminados no subsolo, causam graves prejuízos, sem possibilidade de posterior correção do problema. Este tipo de disposição requer uma grande área de terra para as bacias de percolação para os efluentes altamente tratados, que em geral são escassas junto às grandes cidades.

E. Evaporação

O método de evaporação solar pode ser muito bem utilizado em áreas onde a evaporação anual excede bastante a precipitação pluviométrica. Quando o objetivo é a evaporação, o fundo das lagoas de esgotos é impermeabilizado para evitar a percolação ao subsolo. A qualidade do efluente a ser evaporado deve ser tal que não contenha materiais tóxicos voláteis, os quais, ao evaporar, podem causar poluição atmosférica. Existe uma séria limitação para esse método de disposição de esgotos, quando se trata de grandes vazões: é a representada pela necessidade de vastas áreas de evaporação, em geral não disponíveis nas adjacências das grandes cidades.

VII. IMPACTO ECONÔMICO

A. Disposição Final e Graus de Tratamento

Para melhor caracterizar o impacto econômico de um sistema de disposição oceânica, apresentaremos um exemplo hipotético. Far-se-á uma comparação entre um emissário submarino com tratamento primário versus emissário com tratamento secundário. Pearson (44) elaborou estudo e relatório de avaliações similar. Suponha-se uma comunidade localizada à beira-mar, que precise fazer a disposição de uma vazão média de esgotos de aproximadamente 0.44 m³/s, ou seja, quase 10 M.G.D. Com base em informações possíveis (44, 45 e 46), foi elaborada a Tabela n.º 7 abaixo, que contém indicação dos

custos estimados de manutenção e operação para tratamento secundário e primário.

Suponha-se agora um emissário submarino com a capacidade para uma vazão de 0.44 m³/s, descarregando a uma profundidade de cerca de 20 m, com um difusor de aproximadamente 60 a 70 m, para uma diluição média de 1:100. Pode-se dizer que, devido à topografia do fundo do mar nas zonas costeiras, pode-se atingir, em média, profundidades de 20 m com um emissário de 1,6 a 3,2 km de comprimento. Com base nos dados da Figura 5, pode-se dizer que, para um emissário de 2,4 km, o custo de construção deverá ser da ordem de 5 milhões de U.S. dólares. O capital total a ser investido para o sistema completo de disposição final com tratamento primário é da ordem de 13,5 milhões de U.S. dólares, o que ainda significa 3.0 milhões de U.S. dólares a menos do que no custo de tratamento secundário apenas. Além disso, há a diferença do custo de operação e manutenção, que representa quase metade do custo do tratamento secundário apenas. Assim sendo, pode-se afirmar que a alternativa de um tratamento primário ou de um pré-tratamento adequado, com disposição oceânica de esgoto sanitário por meio de emissário submarino, é a técnica atual mais adequada, quando comparada com a alternativa de tratamento secundário.

B. Efeitos no Sistema de Coleta, no Tratamento e na Disposição Final de Esgotos, com a Introdução de Novas Técnicas

Até bem pouco tempo, a importância dos custos e dos problemas construtivos referentes a um sistema de esgotos para cidades litorâneas completo, com coleta, tratamento e disposição final por emissário submarino, era de grande significado, devido aos grandes problemas e dificuldades de construção e do consequente emprego de equipamentos especiais de pouca disponibilidade no mercado, e tendo em mente os longos prazos para execução dos emissários submarinos. Em um projeto completo para disposição de esgotos sempre se considerou apenas um ponto de lançamento para todas as bacias coletoras e apenas um emissário, projetado para uma população futura muito acima das vazões de momento. Em geral, a capacidade do emissário é projetada em função de uma população de projeto para 20 a 30 anos futuros, resultando em grandes diâmetros, com as consequentes dificuldades de construção, crescentes com o diâmetro da tubulação.

Para o sistema de esgotos de um modo global, e para a própria exe-

TABELA 7
Estimativa de custos

| Tipos de Tratamento | Capacidades | | Custos (em US\$) | |
|---------------------|-------------|--------------------|------------------|--------------------|
| | MGD | m ³ /s. | Construção | Manut./Oper. Anual |
| Primário | 10 | 0.44 | 8.5 milhões | 320 mil |
| Secundário | 10 | 0.44 | 16.5 milhões | 563 mil |

cução e operação do mesmo, um emissário de grande diâmetro é uma alternativa mais dispendiosa e problemática do que uma outra, que seria a de se subdividir o emissário em duas ou mais linhas de disposição final, a serem executadas em duas ou mais fases.

Do ponto de vista operacional, ocorrerão problemas tais como:

1) sedimentação de sólidos na tubulação, devido às baixas velocidades, o que exigirá maiores cuidados de limpeza e operações de fluxagem no emissário;

2) as velocidades dos jatos do difusor serão baixas, devendo-se dedicar especial atenção ao número de bocais e ao diâmetro dos mesmos, a fim de que a diluição inicial projetada possa ser obtida ou, pelo menos, aproximada.

Hoje em dia, com a experiência européia já comprovada, e iniciando-se com sucesso no Brasil o uso de tubulação de polietileno ou de polipropileno de alta densidade, além de novas técnicas construtivas simplificadas decorrentes do emprego desse material, tornou-se possível minimizar ou mesmo eliminar os efeitos econômicos adversos no tocante à construção de emissários submarinos nos sistemas de esgotos.

A possibilidade da rápida construção de emissários de menores e médios diâmetros, por preços mais acessíveis, tem mudado a concepção original dos projetos dos sistemas de esgoto para as cidades litorâneas. As seguintes vantagens podem ser apontadas, considerando-se esses fatores:

a) a construção, por etapas, de dois ou mais emissários de menor diâmetro, de baixo custo e rápida execução;

b) menores interceptores ao longo das praias;

c) menores profundidades de valas para os interceptores, coletores-troncos e coletores secundários, com redução dos problemas decorrentes de escavação, escoramento de valas e rebaixamento de lençol freático;

d) menor número de estações elevatórias, o que, além de diminuir o montante de investimento, reduz o custo de operação, de manutenção e de consumo de energia elétrica;

e) o sistema poderá ser dividido em etapas de menor extensão, sendo que as seções já prontas poderão entrar em operação dentro de um prazo mais curto, o que também representa investimentos iniciais menores, com proventos financeiros mais rápidos;

f) em particular para o Brasil, cujas obras de grande vulto a serem financiadas dependem de financiamentos concedidos pelo BNH, essa vantagem econômica poderá ativar o início des-

as obras de infra-estrutura para a maioria das grandes cidades litorâneas que carecem do benefício de disposição oceânica de esgotos, com prejuízos cada vez maiores para aquelas comunidades.

VIII. RESUMO DAS CONCLUSÕES

Historicamente, sabe-se que o desenvolvimento de áreas urbanas junto às zonas costeiras e outros corpos de água interiores têm determinado a utilização dessas áreas como corpos receptores de seus despejos. As comunidades que lançam indiscriminadamente despejos em baías fechadas e estuários, podem afetar seriamente esse importante "habitat" natural de peixes e outras espécies marinhas. No entanto, sabe-se também que ao se lançar adequadamente esgotos em mar aberto, minimiza-se ou mesmo elimina-se todos os efeitos nocivos ao meio ambiente marinho.

A tecnologia atual, bem aplicada, com pré-tratamento ou pré-condicionamento, ou mesmo tratamento primário, uma seleção adequada das áreas de lançamento com correntes de dispersão adequada, e projeto adequado e eficiente de um emissário submarino, resulta numa solução econômica e satisfatória para os crescentes problemas da disposição dos esgotos sanitários.

Haverá, pelo contrário, efeitos benéficos, do ponto de vista econômico, em se aproveitar a enorme capacidade de tratamento de águas oceânicas. Além disso, em mar aberto, devido à grande demanda de nutrientes, há o efeito benéfico dos despejos funcionarem como catalizadores que aceleram a cadeia alimentar aquática.

É errôneo partir-se do princípio — que já deveria ter sido erradicado — de que qualquer despejo lançado

ao mar é prejudicial à ecologia marinha. No entanto, deve-se estar atento para a eliminação prévia de certos elementos tóxicos, tais como DDT, PCB, elementos radioativos, metais pesados e outros compostos sintéticos incompatíveis com os organismos marinhos. Esses elementos devem ser estritamente proibidos de serem lançados ao meio ambiente oceânico. Devido à enorme capacidade de diluição do oceano conhecida através de dados já existentes, não se recomenda qualquer tratamento além do primário, quando existe a possibilidade de se projetar adequadamente um emissário submarino. Portanto, todas as análises e planejamento deverão ser elaborados com base na tecnologia mais moderna e avançada existente, no sentido de se alcançar melhor proveito técnico e econômico, sem causar efeitos adversos ao ambiente ecológico oceânico.

Do ponto de vista de flexibilidade operacional, para o atendimento das variações dos padrões de qualidade de emissão, a solução de disposição oceânica é particularmente atraente. No caso de haver uma falha na Estação de Tratamento de Esgotos ou outros problemas normais de operação e manutenção, haverá uma marcada diminuição da eficiência do tratamento e uma deteriorização da qualidade dos efluentes, que são praticamente absorvidas, totalmente pela ação dilutiva do mar. Se ocorrerem falhas por parte das estações de tratamento que descarregam seus efluentes em rios e lagoas ou em mar através de emissários muito próximos às praias, os efeitos resultantes dessas falhas operacionais terão consequências imediatamente detectáveis e cujos efeitos adversos poderão perdurar por longos períodos, até o restabelecimento normal do ciclo biológico afetado no meio ambiente.

TABELA 1

Composição Geral da Água do Mar

| NNome Comum | Forma Química no Oceano | Quantidade % | Relação Ion/Ion Cloreto |
|--------------|--------------------------------|--------------|-------------------------|
| Cloreto | Cl- | 19,353 | 1,0000 |
| Sódio | Na+ | 10,76 | 0,5568 |
| Sulfato | SO ₄ -- | 2,712 | 0,1400 |
| Magnésio | Mg++ | 1,294 | 0,06667 |
| Cálcio | Ca++ | 0,413 | 0,0215 |
| Potássio | K+ | 0,387 | 0,0206 |
| Bicarbonato | HCO ₃ - | 0,142 | 0,0073 |
| Brometo | Br- | 0,067 | 0,00348 |
| Estrôncio | Sr+ | 0,008 | 0,00042 |
| Ácido Bórico | H ₃ BO ₃ | 0,004 | 0,000230 |
| Fluoreto | F- | 0,001 | 0,000067 |

TABELA 2

Quantidade aproximada de traços de elementos conhecidos na água do mar

| Elemento | % | Elemento | % |
|------------|-----------|-------------|---------------------|
| Silício | 0,001 | Lantânio | 0,0000003 |
| Nitrogênio | 0,008 | Neônio | 0,0000003 |
| Argônio | 0,006 | Prata | 0,0000003 |
| Lítio | 0,002 | Ítrio | 0,0000003 |
| Rubídio | 0,00012 | Bismuto | 0,0000002 |
| Fósforo | 0,00007 | Cádmio | 0,0000001 |
| Iodo | 0,00005 | Germânio | 0,0000001 |
| Bário | 0,00003 | Tungstênio | 0,0000001 |
| Índio | 0,00002 | Xenônio | 0,0000001 |
| Alumínio | 0,00001 | Berílio | 0,00000005 |
| Ferro | 0,00001 | Cromo | 0,00000005 |
| Molibdênio | 0,00001 | Escândio | 0,00000004 |
| Zinco | 0,00001 | Mercúrio | 0,00000003 |
| Selênio | 0,000004 | Nióbio | 0,00000001 |
| Arsênico | 0,000003 | Tálio | 0,00000001 |
| Cobre | 0,000003 | Hélio | 0,000000005 |
| Chumbo | 0,000003 | Ouro | 0,000000004 |
| Estanho | 0,000003 | Dísprosio | 0,000000002 |
| Urânio | 0,000003 | Érbio | 0,000000002 |
| Manganês | 0,000002 | Gadólino | 0,000000002 |
| Vanádio | 0,000002 | Praseodímio | 0,000000002 |
| Titânio | 0,000001 | Samário | 0,000000002 |
| Tório | 0,0000007 | Itérbio | 0,000000002 |
| Antimônio | 0,0000005 | Hólmio | 0,0000000008 |
| Césio | 0,0000005 | Európio | 0,0000000004 |
| Cobalto | 0,0000005 | Lutécio | 0,0000000004 |
| Gálio | 0,0000005 | Túlio | 0,0000000004 |
| Níquel | 0,0000005 | Rádio | 0,00000000000003 |
| Cério | 0,0000004 | Protactínio | 0,000000000000003 |
| Criptônio | 0,0000003 | Radônio | 0,00000000000000009 |

TABELA 4

Composição dos esgotos sanitários

| Parâmetro | Faixa de Variação de Concentração (mg por litro) |
|---------------------------|--|
| Sólidos, Totais | 200 — 1000 |
| Voláteis | 120 — 700 |
| Fixos | 80 — 300 |
| Suspensos, Totais | 100 — 500 |
| Voláteis | 70 — 400 |
| Fixos | 30 — 100 |
| Dissolvidos, Totais | 100 — 500 |
| Voláteis | 50 — 300 |
| Fixos | 50 — 200 |
| D.B.O. (cinco dias, 20°C) | 100 — 300 |
| Oxigênio dissolvido | 0 |
| Nitrogênio, Total | 25 — 90 |
| Orgânico | 10 — 35 |
| Amônia | 15 — 50 |
| Nitritos | 0 — 0.10 |
| Nitratos | 0.10 — 0.40 |
| Cloretos | 15 — 200 |
| Alcalinidade | 50 — 200 |
| Óleos e Graxas | 0 — 40 |

TABELA 5

Eficiências e métodos de tratamento

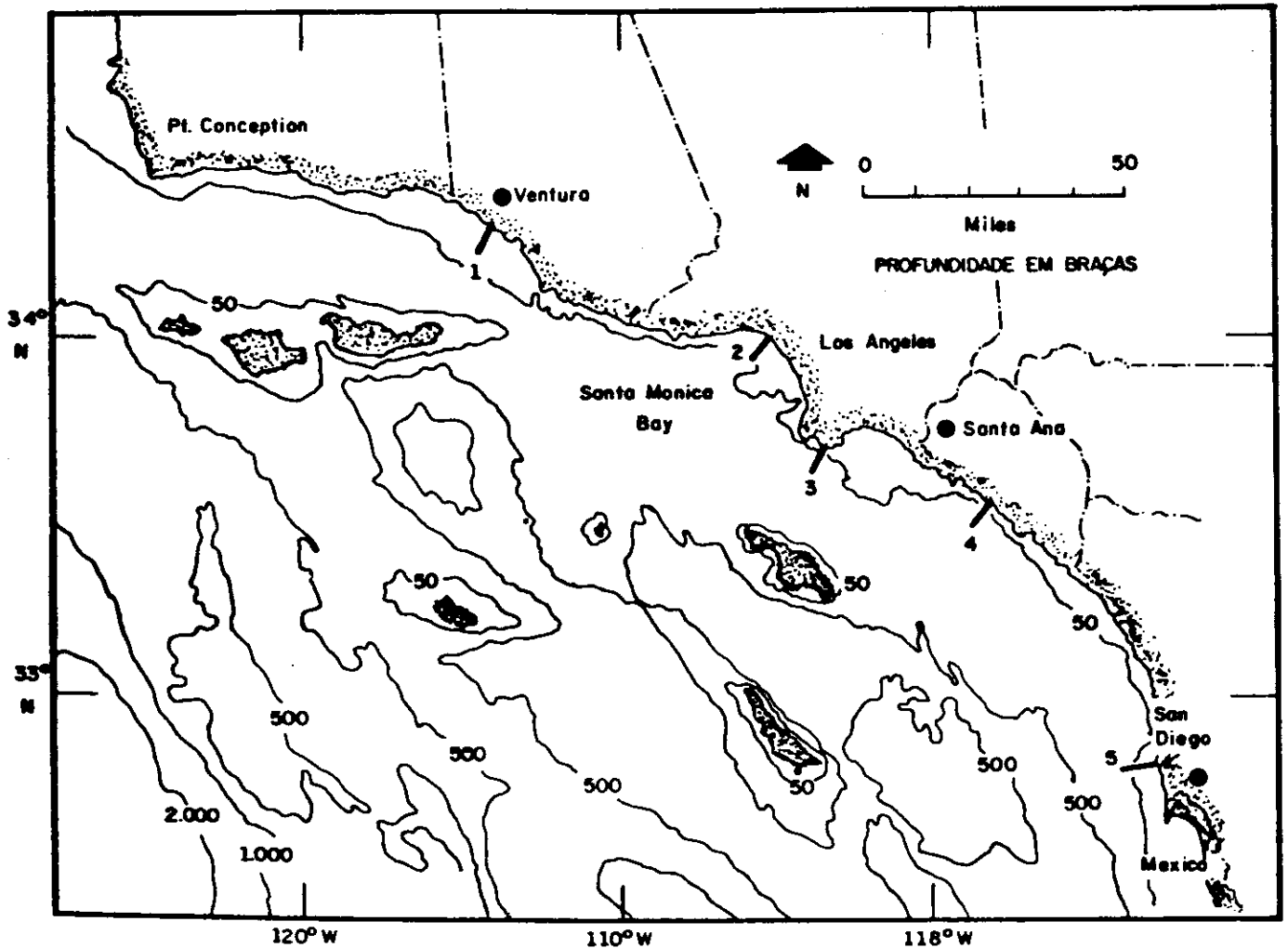
| Tipo de tratamento | % Remoção | | | |
|---|----------------------|----------------------|----------|----------|
| | Sólidos Sedimentação | Sólidos em Suspensão | D. B. O. | Bactéria |
| Gradeamento fino | | 5 — 20 | | 10 — 20 |
| Sedimentação simples | 90 | 35 — 65 | 25 — 40 | 50 — 60 |
| Precipitação química | 95 | 75 — 90 | 60 — 85 | 70 — 90 |
| Filtro biológico de baixa taxa, com sedimentação primária e secundária | 98 | 70 — 90 | 75 — 90 | 90 |
| Filtro biológico de alta taxa, com sedimentação primária e secundária | 98 | 70 — 90 | 65 — 95 | 70 — 95 |
| Lodos ativados convencional com sedimentação primária e secundária | 98 | 80 — 95 | 80 — 95 | 90 — 95 |
| Lodos ativados com alta taxa com sedimentação primária e secundária | 98 | 70 — 90 | 90 — 95 | 80 — 95 |
| Aeração por contato lodos ativados com sedimentação primária e secundária | 98 | 80 — 95 | 80 — 95 | 90 — 95 |
| Filtração intermitente c/ area c/ pré-sedimentação | 99 | 90 — 95 | 85 — 95 | 95 |
| Cloração: Esgoto decantado | 90 | | | 90 — 95 |
| Esgoto tratado biologicamente | 90 | | | 98 — 99 |

TABELA 6

Custos de tratamento e de emissário submarino

| Tipo de Tratamento | Comprimento do Emissário | Custos de Construção | | | Custos de Operação e Manutenção | | |
|---|--------------------------|----------------------|----------------------------------|-------|---------------------------------|----------------------------------|-------|
| | | Emissário | Estação de Tratamento de Esgotos | Total | Emissário | Estação de Tratamento de Esgotos | Total |
| Pré-tratamento (gradeamento) | 3000 | 8,40 | 4,40 | 12,80 | Energia * | 0,44 | — |
| Tratamento primário gradeamento, cx. de areia decantação-cloração | 3000 | 8,40 | 9,00 | 17,40 | Energia * | 0,90 | — |
| Tratamento primário c/ físico-químico e cloração | 2,000 | 5,80 | 14,00 | 19,80 | Energia * | 1,40 | — |
| Tratamento completo primário, secundário e terciário | — | — | 34,2 | 34,2 | Energia * | 6,90 | 6,90 |
| Sem tratamento | 5,000 | 11,5 | — | 11,5 | Energia * | — | — |

ÁGUAS COSTEIRAS DO SUL DA CALIFORNIA E LOCAÇÃO DOS EMISSÁRIOS SUBMARINOS



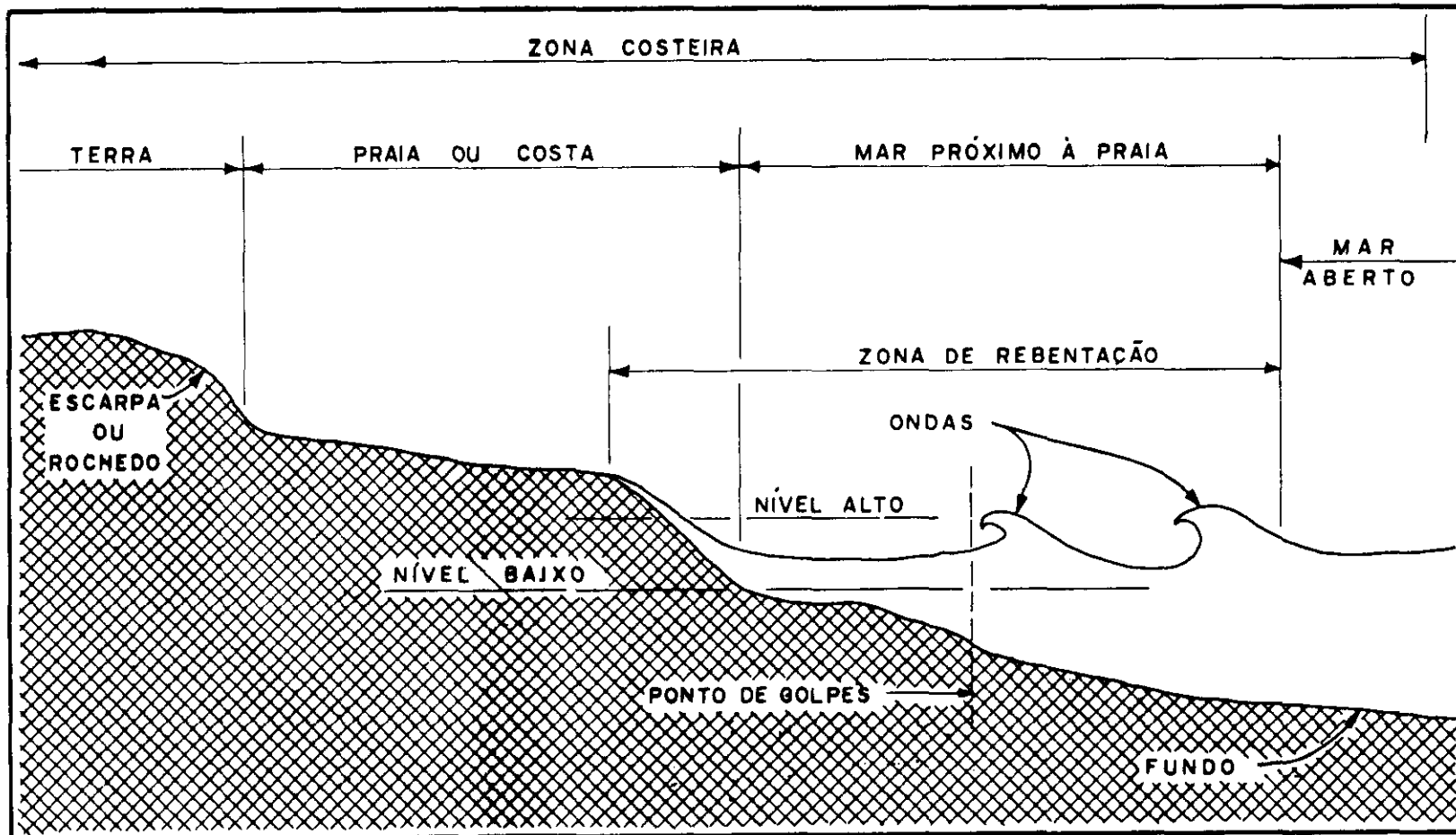


ILUSTRAÇÃO DA ZONA COSTEIRA
fig. 1

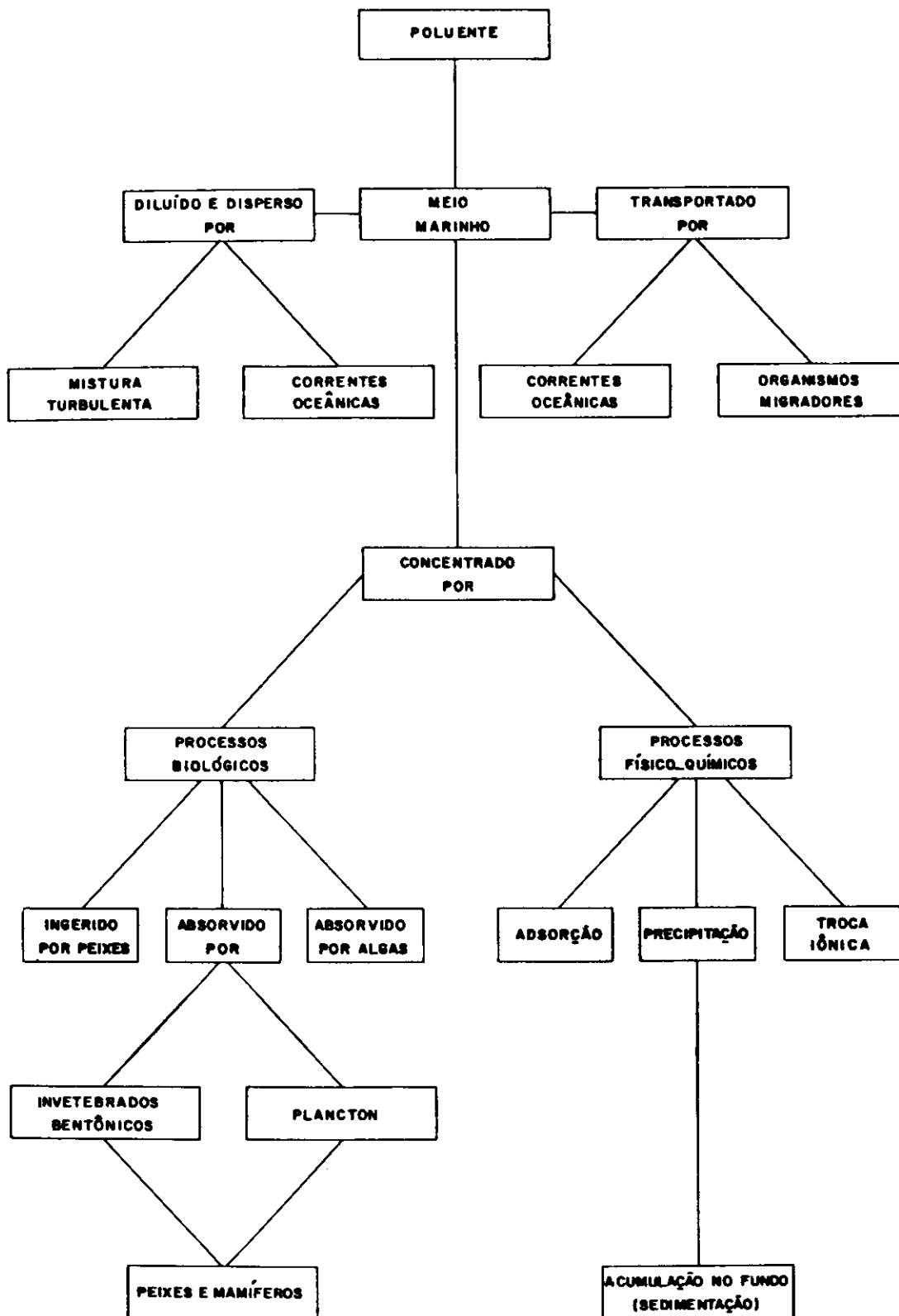


Fig.2- OS VÁRIOS PROCESSOS QUE DETERMINAM O DESTINO E DISTRIBUIÇÃO DE POLUENTES LANÇADOS NO MEIO MARINHO (OCEANO)

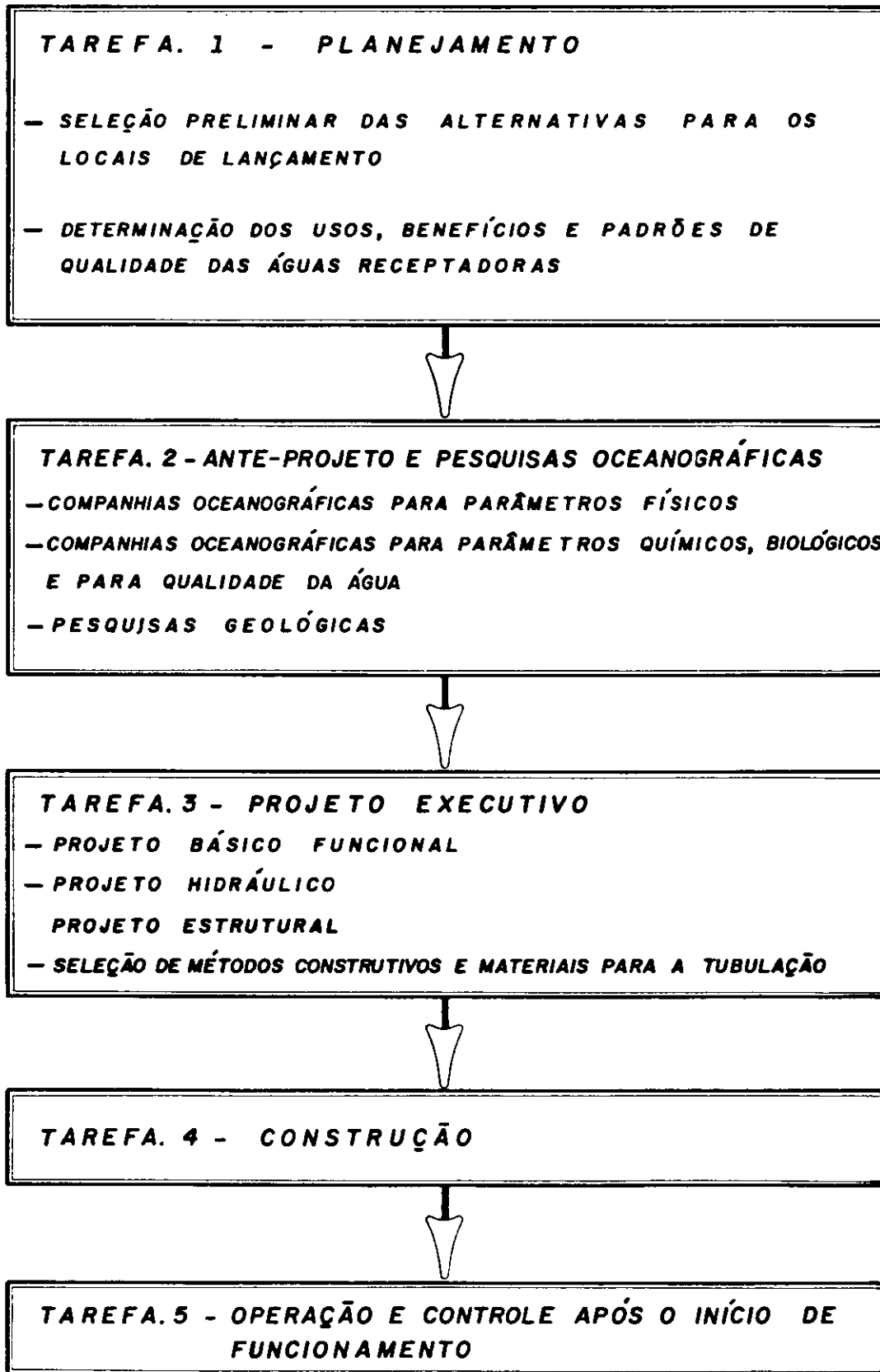
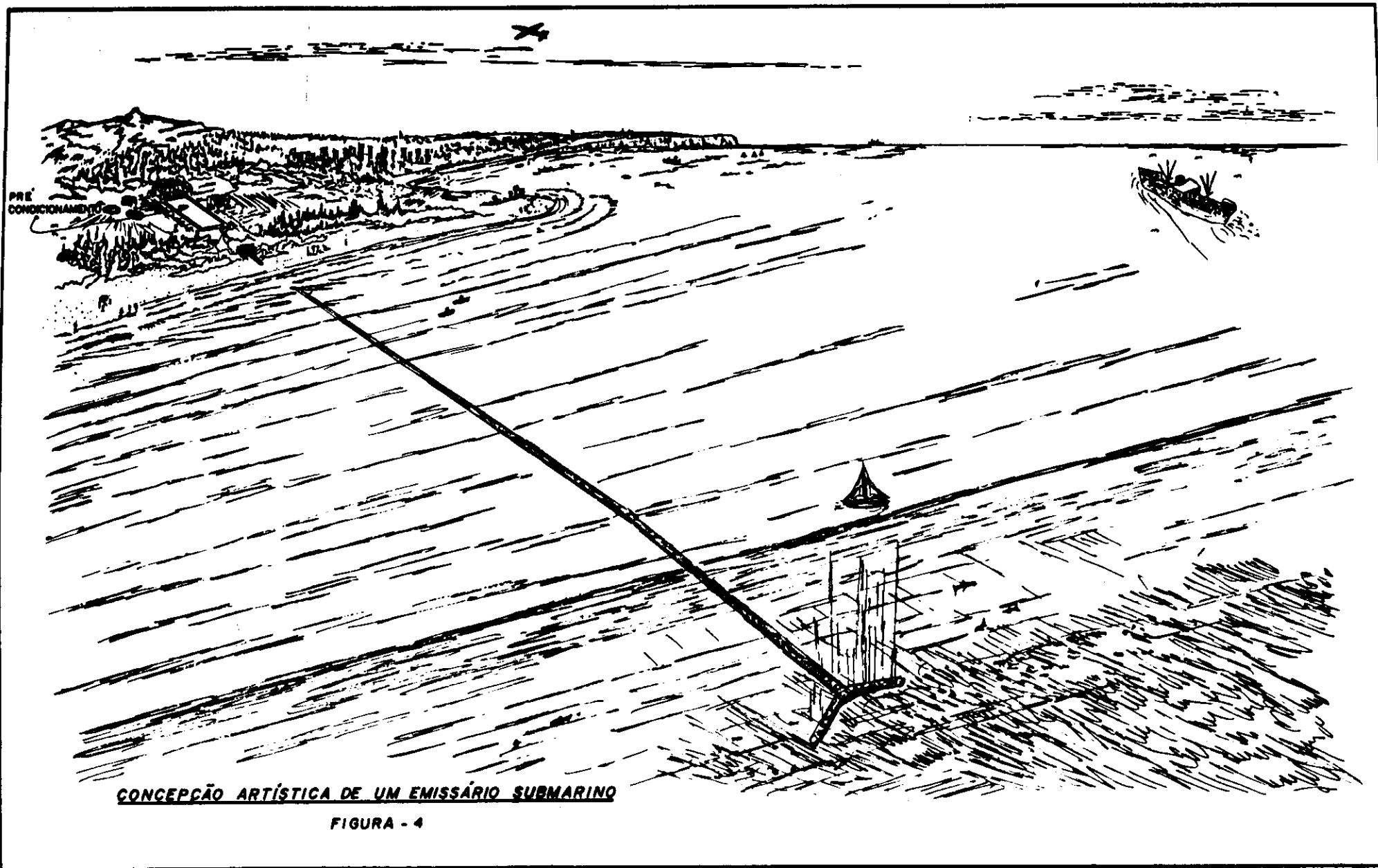


FIGURA 3

PLANEJAMENTO, PROJETO E OPERAÇÃO DE UM EMISSÁRIO SUBMARINO

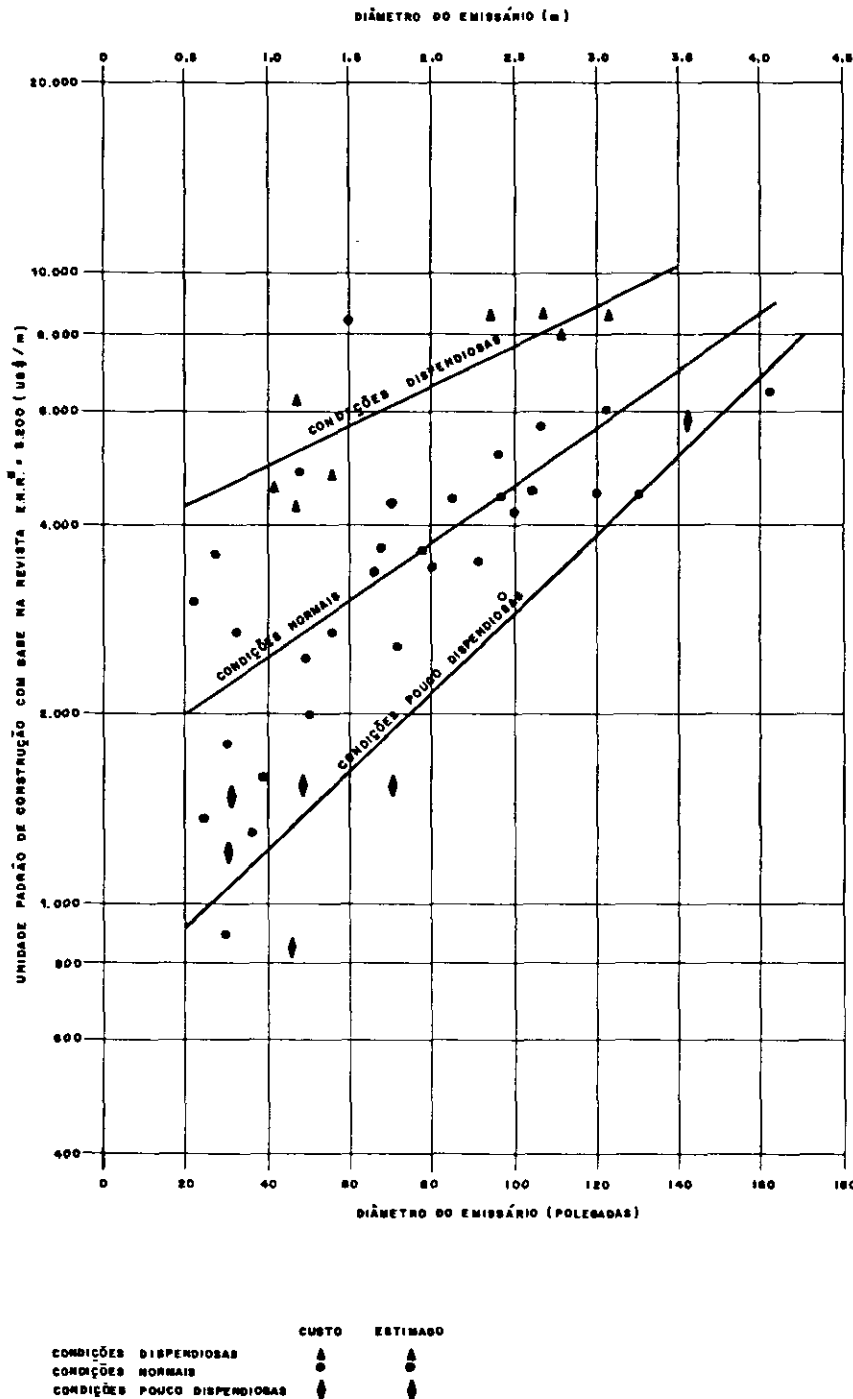


CONCEPÇÃO ARTÍSTICA DE UM EMISSÁRIO SUBMARINO

FIGURA - 4

FIGURA 5

CUSTO POR UNIDADE DE CONSTRUÇÃO
DE EMISSÁRIO EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO



*E.N.R. - ENGINEERING NEWS RECORDS

REFERENCES

1. Myers, J. J. et al - "Handbook of Ocean and Underwater Engineering", McGraw-Hill Book Company, N.Y., New York, 1969.
2. "The Ecology of the Southern California Bight: Implications for Water Quality Management", TR-104, Southern California Coastal Water Research Project, Los Angeles, California, March, 1973.
3. Officer, C. B. and Ryther, J. H. - "Secondary Sewage Treatment Versus Ocean

- Outfalls: An Assessment", Science, Vol. 197, September, 1977.
4. "Modification of Secondary Treatment Requirements for Discharge into Marine Waters - Proposed Criteria and Procedures", U.S. EPA, Federal Register, Vo. 43, No. 80, April 25, 1978.
5. Ketchum, B. H. - "Man's Resources in the Marine Environment", Pollution and Marine Ecology, Interscience Publishers, New York, N.Y., 1967.
6. "Demolishing Myths about Ocean Disposal", Editorial, Journal, Water Pollution Control Federation, September, 1978.

7. "The Effects of Ocean Disposal of Municipal Waste Report Prepared by Southern California Coastal Water Research Project, El Segundo, California, June, 1978.
8. "Waste Management for the Coastal Zone - Concepts for the Assessment of Ocean Outfalls", National Academy of Science, Washington, D.C., 1976.
9. "Guidelines for Technical Reports and Monitoring Program of Waste Discharges on the Ocean", State Water Resource Control Board, State of California, October, 1972.
10. Hennessy, P. V. and Chao, J. L. - "Planning, Conducting and Analyzing Oceanographic Data for Ocean Outfall Design", Presented at WPCF Annual Convention, Miami, Florida, October, 1978.
11. Feuerstein, D. L. - "Oceanographic Surveys for Design of Pollution Control Facilities", Coastal Zone Pollution Management Symposium, Charleston, South Carolina, February, 1972.
12. Bascom, W. - "Instruments for Studying Ocean Pollution", Journal of Environmental Engineering Division, ASCE, February, 1977.
13. Dixon, S. J. and Wilson, K. L. - "Geologic Planning for Ocean Outfalls", ASCE National meeting on Water Resources Engineering, Los Angeles, California, January, 1974.
14. Merritt, F. S. Editor - "Standard Handbook for Civil Engineers", McGraw-Hill Book Company, New York, N.Y., 1968.
15. Abraham, G. - "Horizontal Jets in Stagnant Fluid of Other Density, Jour. of Hydr., Div. ASCE, July, 1965.
16. Brooks, N. H. & Koh, R. C. Y. - "Discharge of Sewage Effluent from a Line Source into a Stratified Ocean", XI Congress IAHR, 1965.
17. Fan, L. N. & Brooke, N. H. - "Numerical Solutions of Turbulent Buoyant Jet Problems", W.M. Keck Laboratory, CIT, Report No. KH-R-18, Pasadena, California, 1967.
18. Frankel, R. J. & Cumming J. D. - "Turbulent Mixing Phenomena of Ocean Outfalls", Journal of Sanitary Eng. Div. ASCE, April, 1965.
19. Baumgarthner, D. J., Trent, D. S., and Byrain, K. V. - "User's Guide and Documentation for Outfall Plume Model", working Paper No. 80, EPA, Pacific Northwest Water Laboratory, May, 1971.
20. Koh, R. C. Y. and Brooks, N. H. - "Fluid Mechanics of Wastewater Disposal in the Ocean", Annual Review of Fluid Mechanics, Vol. 7, 1975.
21. Ludwig, R. L. - "Planejamento e Projeto de Sistemas de Disposição Oceânica", Revista DAE, and XXXVII, No. 113, 1977.
22. Chao, J. L. - "Horizontal Spread of Wastewater Field over Calm Ocean Surface", Journal, WPCF, Vol. 47, October, 1975.
23. Sharp, J. - "Spread of Buoyant Jets at the Free Surface", Journal, Hydr. Div., ASCE 95 (3.5), 1969.
24. Chen, J. C. and List, E. J. - "Spreading of Buoyant Discharges".
25. Brooks, N. H. - "Diffusion of Sewage Effluent in an Ocean Current", Proc. 1st International Conf. Waste Disposal Marine Environ., Univ. of California, Berkeley, Pergamon Press, 1959.
26. Mitchell, R. and Chamberlin, C. - "Factors Influencing the Survival of Euteric Microorganisms in the Sea: An overview, International Symposium on Discharge of Sewage from sea outfall, London, August, 1974.

27. Shuval, H. I. et al - "Natural Virus Inactivation Processes in Seawater", Journal, San Eng. Div., ASCE, October, 1971.
28. Harremoës, P. - "In-situ Methods for Determination of Microbial Disappearance in Sea Water", Intl. Symp. on Discharge of Sewage from Sea Outfall, London, August, 1974.
29. Rawn, A. M., Bowerman, F. R. & Brooks, N. H. - "Diffusers for Disposal of Sewage in Sea Water", Journal of Hydr. Div. ASCE, March, 1960.
30. Chao, J. L. and Campuzano, L. M. - "Simplified Method of Ocean Outfall Diffuser Analysis", Journal, WPCF, May, 1972.
31. Weigel, R. L. - "Oceanographic Engineering", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliff, New Jersey, 1964.
32. Kinsman, B. - "Wind Waves", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliff, New Jersey, 1965.
33. "Shore Protection Manual", U.S. Army Coastal Research Center, 1973.
34. Grace, R. A. - "Available Data for the Design of Unburied, Submarine Pipelines to withstand Wave Action", Engineering Dynamics of the Coastal Zone, First Australian Conference on Coastal Engineering, Sydney, May, 1973.
35. Yamamoto, T. et al - "Wave Forces on Cylinders Near Plan Boundary", Jour. of the Waterways, Harbors and Coastal Eng. Div., ASCE, November, 1974.
36. Chao, J. L. and Hennessy, P. V. - "Local Scour under Ocean Outfall Pipeline", J. WPCF, Vol. 44, No. 7, July, 1972.
37. Janson, L. E. - "Plastic Pipe in Sanitary Engineering", Granges Essem Plant, Upplands Vasby, Sweden, 1973.
38. Janson, L. E. - "Submerged Polyethylene Pipes in Lakes, Rivers and the Sea", J. WPCF, Vol. 47, No. 4, April, 1975.
39. Janson, L. E. - "A Non-Traditional Ocean Outfall for Pulp Mill Effluent", SWECO/VBB, Stockholm, Sweden, 1978.
40. Wallis, I. G. - "Ocean Outfalls", Journal of the Australian Water and Wastewater Association, Vol. 5, No. 2, June, 1978.
41. Galloway, R. N. - "Marine Outfall Cleaning", Journal WPCF, Vol. 36, No. 1, 1964.
42. Powell, R. N. and VanHewit, R. E. - "Ocean Outfall Maintenance and Repair", Journal, WPCF, Vol. 40, No. 11, Nov., 1968.
43. McMichael, F. C. and McKee, J. E. - "Wastewater Reclamation at Whittier Narrows", California SWQCB Publication 33, 1965.
44. Pearson, E. A. - "Marine Waste Disposal Systems", Proceedings of Coastal Zone Pollution Management Symposium, Clemson University, Charleston, S.C., February, 1972.
45. "Construction Costs for Municipal Wastewater Treatment Plants; 1973-1977", U.S. EPA 430/9-77-013, MCD-37, January, 1978.
46. "Cost Estimating Manual", James M. Montgomery, Consulting Engineers, Inc. Pasadena, California.
47. "Water Quality Control Plan for Ocean Waters of California", State Water Resources Control Board, State of California, June, 1972.
48. Nemerow, N. L. - "Industrial Water Pollution", Addison-Wesley Publishing Co., Menlo Park, California, 1978.
49. Janson, L. E. and Dammling Jan. - "Rio de Janeiro Sewerage Costs for Different Treatment Alternatives", Sweco/VBB, Stockholm, Sweden, 1977.

ANEXO A PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE PARA AS ÁGUAS OCEÂNICAS DA CALIFÓRNIA (47)

DIRETORIA DE RECURSOS DO ESTADO DA CALIFÓRNIA COMISSÃO DE CONTROLE DOS RECURSO SHÍDRICOS DO ESTADO PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA AS ÁGUAS OCEÂNICAS DA CALIFÓRNIA

Adotado e em vigor em
6 de julho de 1972

PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA ÁGUAS OCEÂNICAS DA CALIFÓRNIA

Em aditamento à determinação legislativa contida na Seção 13000 da Divisão 7 do Código de Águas da Califórnia (Estatutos de 1969, Cap. 482) e segundo os regulamentos da Seção 13170 (Estatutos de 1971, Cap. 1288) o Comitê de Controle dos Recursos Hídricos do Estado, através deste Programa, institui e determina que a proteção da qualidade das águas oceânicas destinadas ao uso e recreação pelos habitantes do Estado exigem controle da descarga de águas servidas (1) em águas oceânicas (2), de acordo com o estipulado nestes regulamentos.

CAPITULO I UTILIZAÇÃO

A utilização das águas oceânicas do Estado a serem protegidas, inclui o suprimento de água para fins industriais, recreativos, de lazer, de navegação, e preservação e aumento das reservas de peixes e demais formas de vida marinha, em seu estado natural.

CAPITULO II OBJETIVOS DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

Este capítulo determina os limites ou níveis das características de qualidade para águas oceânicas, a fim de garantir a devida e racional utilização e a prevenção contra acidentes ecológicos (3). A disposição oceânica de esgotos não deverá representar uma violação destes objetivos e regulamentos.

A. Características Biológicas

1. Dentro de uma zona limitada pelas linhas costeiras e a uma distância de 300 m da costa ou à profundidade de 9,0 m, isto é, dentro daquele, desses limites, que fique mais dis-

tante da linha da praia, e em áreas (4) fora desses limites de área usadas para a prática de esportes aquáticos que envolvam contato direto do corpo com as águas, deverão ser observadas, em toda a extensão da massa d'água, as seguintes características biológicas:

Adotado pelo Comitê de Controle dos Recursos Hídricos do Estado, pelo Decreto n.º 72-45, de 6 de julho de 1972.

As amostras de água de cada um dos pontos de amostragem deverão conter o N.M.P. de coliformes abaixo de 1.000 em cada 100 ml de água ou seja, 10 por ml), ficando previsto que não mais do que 20 por cento das amostras de qualquer ponto de amostragem, em períodos indeterminados de 30 dias, poderão exceder o limite acima estipulado isto é, 1.000/100 ml ou 10/ml), e previsto ainda que nenhuma das amostras examinadas e cujas características sejam confirmadas por outra amostra tomada dentro das 48 horas seguintes, deverá exceder aquela quantidade.

2. Em todas as áreas (4) onde possam ser colhidos mariscos destinados ao consumo e alimentação, as seguintes características bacteriológicas deverão ser observadas, em toda a extensão da massa da água.

A concentração total média de coliformes no deverá exceder 70 coliformes em cada 100 ml, e não mais do que 10 por cento das amostras deverá exceder 230 coliformes por 100 ml.

B. Características Físicas

1. Matérias em suspensão, bem como óleos e/ou graxas, não deverão ser visíveis.

2. A concentração de graxas e óleos (extraíveis de bexana) na superfície das águas não deverá exceder 10 mg/m² durante mais do que 50 por cento do tempo, nem 20 mg/m² mais do que 10 por cento do tempo (5).

3. A concentração de matérias em suspensão, originadas de despejos, na superfície das águas, não deverá exceder 10 mg de peso seco/m² durante mais de 50 por cento do tempo, nem 1.5 mg/m² mais de 10 por cento do tempo.

4. A descarga de efluentes não deverá causar descoloração, indesejável do ponto de vista estético, às águas da superfície oceânica.

5. A irradiação de luz natural não deverá ser significativamente reduzida (6) em qualquer ponto fora da zona da diluição inicial (7).

6. O índice de deposição de sólidos inertes, bem como as características desses sólidos, em sedimentos oceânicos, não deverá ser alterado a ponto de causar a degeneração das comunidades bentônicas.

C. Características Químicas

1. A concentração de oxigênio dissolvido (9) não deverá, em tempo algum, ser reduzida em mais de 10 por cento do total da concentração que ocorre naturalmente.

2. O pH(9) não deverá, em tempo algum, ser alterado em mais do que 0,2 unidades do pH normalmente presente.

3. A concentração de sulfito dissolvido, nas águas próximas e nos sedimentos, não deverá ser aumentada de forma significativa 6) acima da presente em condições naturais.

4. A concentração de substâncias nos sedimentos marinhos, conforme estabelecidos no Cap. 4, Tabela B, não deverá ser aumentada de forma significativa (6) acima da que ocorre em condições naturais.

5. A concentração de matérias orgânicas nos sedimentos marinhos não deverá ser elevada acima do normal, a ponto de causar a degeneração das formas de vida marinha.

6. Nutrientes não deverão ocasionar o aparecimento de espécimes de vida marinha indesejáveis, nem degenerar a biologia nativa típica.

D. Características Biológicas

1. As comunidades marinhas, incluindo vertebrados, invertebrados e plantas aquáticas, não deverão ser degeneradas (8).

2. O sabor, o cheiro e a cor, típicos dos peixes, moluscos, mariscos e outras espécies marinhas utilizadas para consumo na alimentação do homem, não deverão ser alterados.

E. Características de Toxicidade

1. A concentração final de toxidade não deverá exceder 0.05 unidades de toxicidade (10).

F. Radioatividade

1. O índice de radioatividade não deverá exceder os limites especificados na Cláusula 17, Cap. 5, Sub-cap. 4, Grupo 3, Artigo 3, Seção 30269 do Código Administrativo do Estado da Califórnia.

CAPÍTULO III PRINCÍPIOS PARA A ADMINISTRAÇÃO E GERENCIAMENTO DE DISPOSIÇÃO de ESGOTOS EM ÁGUAS OCEÂNICAS

A. Os sistemas de disposição de esgotos que efetuam descargas no oceano, devem ser projetados e operados de forma a preservar as diversas formas de vidas marinhas típicas da comunidade aquática.

B. A matéria descarregada no oceano deve ser, essencialmente, isenta (11) de:

1. materiais que possam flutuar ou vir a ser flutuantes após sua descarga,

2. materiais sedimentáveis ou substâncias que formem sedimentos que possam degenerar (8) as comunidades bentônicas ou outras formas de vida aquática,

3. substâncias que sejam tóxicas à vida marinha em função de aumentos das concentrações nas águas ou sedimentos marinhos,

4. substâncias que possam reduzir significativamente a luz natural, quando necessária às comunidades bentônicas e outras formas de vida marinha, e

5. materiais que resultem na alteração indesejável, do ponto de vista estético, da coloração da superfície oceânica.

C. Os emissários submarinos e os sistemas de difusão das descargas forma a possibilitar uma rápida diluição inicial(12) e uma dispersão efetiva, que minimize as concentrações de substâncias não removidas anteriormente pelo tipo de tratamento adotado.

D. Os locais de descarga devem ser determinados após uma definição detalhada das características oceanográficas e dos padrões em vigor, a fim de assegurar:

1. não haver presença de organismos patogênicos e vírus, nas águas onde são colhidos moluscos e/ou mariscos destinados a consumo na ali-

TABELA A

Concentração a não ser excedida, em mais de:

| Matérias | Unidade de Medição | 50% do tempo | 10% do tempo |
|---------------------------------------|--------------------|---|--------------|
| Óleos e graxas (extraíveis de hexana) | mg/l | 10. | 15. |
| Material Flutuante (peso seco) | mg/l | 1.0 | 2.0 |
| Sólidos em Suspensão | mg/l | 50. | 75. |
| Sólidos Sedimentáveis | mg/l | 0.1 | 0.2 |
| Turbidez | JTU | 50. | 75. |
| pH | unidades | dentro dos limites de 6.0 a 9.0, em qualquer tempo. | |

TABELA B

Concentração a não ser excedida, em mais de:

| Substâncias | Unidade de Medição | 50% do tempo | 10% do tempo |
|--|--------------------|--------------|--------------|
| Arsênico | mg/l | 0.01 | 0.02 |
| Cádmio | mg/l | 0.02 | 0.03 |
| Cromo, total | mg/l | 0.005 | 0.01 |
| Cobre | mg/l | 0.2 | 0.3 |
| Chumbo | mg/l | 0.1 | 0.2 |
| Mercúrio | mg/l | 0.001 | 0.002 |
| Níquel | mg/l | 0.1 | 0.2 |
| Prata | mg/l | 0.02 | 0.04 |
| Zinco | mg/l | 0.3 | 0.5 |
| Cianetos | mg/l | 0.1 | 0.2 |
| Compostos Fenólicos | mg/l | 0.5 | 1.0 |
| Cloro residual, total | mg/l | 1.0 | 2.0 |
| Amônia (expressa como nitrogênio) | mg/l | 40. | 60. |
| Hidrocarbonetos Clorados identificáveis, total | mg/l | 0.002 | 0.004 |
| Concentração de Toxicidade Radioatividade | tu | 1.5 | 2.0 |

não deverá exceder os limites especificados na Cláusula 17, Cap. 5, Sub-cap. 4, Grupo 3, Artigo 5, Seções 30285 e 20287, do Código Administrativo do Estado da Califórnia.

mentação humana, ou nas áreas utilizadas para fins recreativos tal como natação ou outros tipos de esporte, em cuja prática ocorre o contato do corpo humano com as águas oceânicas (13).

2. As condições naturais da qualidade das águas nas áreas de significado biológico especial não deverão ser alterados e,

3. a máxima proteção seja garantida, ao meio ambiente marinho.

CAPITULO IV REQUISITOS DE QUALIDADE PARA DISPOSIÇÃO DE ESGOTOS (QUALIDADE DOS EFLUENTES)

Este capítulo estabelece os requisitos referentes à qualidade dos efluentes, no que se refere à disposição de esgotos em águas oceânicas (3):

CAPITULO V PROIBIÇÃO REFERENTES A DESCARGAS

A. Substâncias Perigosas

É proibida a descarga, em águas oceânicas, de agentes desencadeadores de natureza radiológica, química ou biológica, bem como de resíduos de material de alto índice de radioatividade.

B. Áreas de Especial Significância Biológica

Os esgotos deverão ser descarregados a uma distância suficiente das áreas consideradas de especial significado biológico, a fim de assegurar a preservação das condições naturais de qualidade das águas naquelas áreas.

C. Lodos

Será proibida a descarga de lodos provenientes de indústrias e de sistemas municipais, bem como de sobrenadantes de digestores, diretamente as águas oceânicas ou em canais que desembocuem no oceano e que não tenham recebido tratamento prévio.

D. Passagens Secundárias (By-pass)

Será proibido desvio, através de "by-pass" (tais como canais, canaletas, tubulações, etc.) que desembocuem no oceano, de águas servidas e esgotos não tratados previamente.

CAPITULO VI REQUISITOS E DISPOSITIVOS GERAIS

A. Vigência do Programa

Este programa entrará em vigor na data da sua adoção pelo Comitê de

Controle de Recursos Hídricos do Estado. Os dispositivos menos restritivos de cada um dos regulamentos e planos já existentes relativos a descargas em águas oceânicas, deverão ser anulados e substituídos pelos dispositivos aplicáveis, contidos neste Programa.

B. Índices de Emissão

Em aditamento aos objetivos referentes a águas receptoras e aos requisitos de qualidade de efluentes, os dispositivos aqui contidos determinarão o Índice Diário e Mensal de Massa Emitida Permissível para cada um dos componentes de qualidade de efluentes incluído entre os estipulados para a descarga de despejos.

O Índice Diário de Massa Emitida Permissível para cada um dos componentes deverá ser calculado baseado na vazão total de descarga que ocorre a cada dia específico, e a concentração especificada nos requisitos referentes a descarga de despejos será aquela determinada que não seja excedida durante mais de 10 por cento do tempo de descarga. O índice de emissão de massa de descarga, durante qualquer período de 24 horas, não deverá exceder o Índice Diário de Massa Emitida Permissível.

O Índice Mensal de Massa Emitida Permissível para cada um dos componentes deverá ser calculado baseado na vazão total de descarga que ocorre cada mês específico, e a concentração especificada nos requisitos referentes a descarga de despejos será aquela determinada que não seja excedida durante mais de 50 por cento do tempo de descarga. O índice de emissão de massa de descarga, durante qualquer período mensal, não deverá exceder o Índice Mensal de Massa Emitida Permissível.

C. Relatórios Técnicos

O pessoal responsável pelos sistemas existentes de disposição oceânica de despejos deverá, por exigência da Comissão Regional, submeter um relatório até 15 de janeiro de 1973. Esses relatórios técnicos deverão incluir — porém não se limita a — o seguinte:

1. Um programa a ser proposto para a melhoria das instalações e métodos de tratamento dos despejos, necessários ao cumprimento de todos os dispositivos contidos neste Programa.

2. Um programa a ser proposto para a construção de tais instalações necessárias.

3. Uma estimativa do montante de capital a ser investido nas instalações e métodos necessários.

4. Qualquer proposição bem documentada, no tocante aos requisitos

menos restritivos referentes à qualidade dos efluentes.

5. Uma análise de todos os demais fatores considerados necessários pela Comissão Regional, que permita a determinação dos requisitos referentes a disposição de despejos.

Para descargas superiores a 1,8 m³/s, ou seja, .4 mgd, o relatório técnico deverá incluir uma correlação entre os requisitos referentes à qualidade dos efluentes, considerando os parâmetros especificados no Capítulo IV, Tabela A, e cada um dos objetivos de qualidade de água estabelecidos no Capítulo IV, Tabela B, referentes à qualidade de efluentes.

D. Requisitos para Descarga de Efluentes

A Comissão Regional poderá estabelecer objetivos de qualidade de despejos e requisitos de qualidade de efluentes que sejam mais restritivos do que os estabelecidos neste Programa, na medida em que se tornem necessários para a preservação das utilizações das águas oceânicas.

Os requisitos referentes à qualidade de efluentes não deverão ser menos restritivos do que os estipulados no Capítulo IV, Tabela B, deste Programa.

Os requisitos referentes à qualidade de efluentes poderão ser menos restritivos do que os especificados no Capítulo IV, Tabela A, deste Programa, desde que a Comissão Regional determine que a disposição de despejos deverá estar em conformidade com todos os objetivos de qualidade de efluentes estipulados no Capítulo IV, Tabela B. Os requisitos menos restritivos referentes à qualidade de efluentes deverão entrar em vigor somente se e quando aprovados pelo Comitê do Estado.

E. Revisão dos Requisitos referentes a Descarga de Efluentes

A Comissão Regional efetuará a revisão dos requisitos referentes a descarga de despejos para todos os sistemas já existentes, segundo necessário para que haja conformidade com este Programa, e estabelecerá um prazo limite para a obtenção daquela conformidade. Anteriormente à adoção deste Programa, porém em data não posterior a 15 de abril de 1973, a Comissão Regional deverá submeter à apreciação do Comitê do Estado, todos os relatórios técnicos, inclusive os requisitos e os prazos propostos pelos emitentes dos relatórios, e serão efetuadas todas as ordenações necessárias, a fim de que possa haver a devida observância por parte do pessoal operador de cada um dos sistemas de disposição oceânica, possibilitando a total conformidade com este Programa.

F. Revisão dos Prazos, pelo Comitê do Estado

O Comitê do Estado efetuará a revisão dos prazos propostos para todos os sistemas municipais de descarga existentes em todo o Estado, e recomendará às Comissões Regionais, prazos e escalonamentos específicos que permitam obter-se o máximo benefício e a distribuição equitativa de fundos disponíveis e concedidos pelas áreas estatais e federais.

G. Programa de Controle

A Comissão Regional exigirá que a direção dos vários sistemas de descarga promova e dirija seus próprios programas de controle e submetam os respectivos relatórios necessários, que permitam comprovar a devida conformidade com os requisitos relativos aos sistemas de disposição de despejos. A Comissão poderá também exigir que a direção de cada um dos vários sistemas de distribuição contrate os serviços de órgãos ou profissionais aceitáveis e aprovados pela Comissão, para a elaboração e fornecimento de relatórios referentes aos programas de controle. Tais programas deverão estar em conformidade com os Regulamentos e Instruções para a Administração e Controle dos Efeitos de Disposição Oceânica de Despejos, a serem elaborados e emitidos pelo Diretor Executivo do Comitê do Estado.

H. Áreas de Especial Significado Biológico

As áreas consideradas de especial importância biológica serão designadas pelo Comitê do Estado após uma audiência pública concedida pelo Comitê e revisão das recomendações por ele emitidas.

NOTAS EXPLANATÓRIAS

1) Este Programa não se aplica a despejos provenientes de navios, ao controle de dragagens, ou à disposição do produto de dragagens. Os regulamentos normativos dos aspectos térmicos dos despejos descarregados em águas oceânicas estão estipuladas no Plano de Controle de Qualidade de Águas Costeiras e Interessadas e em Baías Fechadas e Estuários da Califórnia, datado de 18 de maio de 1972.

2) Neste documento, entendem-se por águas oceânicas as águas do Oceano Pacífico próximas à costa da Califórnia e não contidas em baías fechadas, estuários, e lagoas costeiras.

Entendem-se por baías fechadas as entradas ao longo da costa que detêm uma quantidade de águas oceânicas dentro dos limites de terras que avançam mar a dentro (cabos) ou áreas e edificações portuárias. Baías fechadas incluem todas as baías onde a menor distância entre os avanços de terra ou entre as mais exteriores edificações seja inferior a 75% da maior dimensão da porção fechada da baía. Esta definição inclui, mas não limita a, às seguintes: Baía de Humboldt, Porto Bodega, Baía Tomales, Estero de Drakes, Baía de San Francisco, Baía Carmel, Baía do Morro, Porto de Los Angeles, Baías Newport, a Alta e a Baixa, Baía da Missão, e Baía San Diego.

Entende-se por estuários e lagoas costeiras as águas contidas nas desembocaduras de rios, os quais servem de zonas de encontro e mistura entre as águas doces e marinhas durante a maior parte do ano. As desembocaduras de rios e ribeirões, que ficam temporariamente separadas das águas oceânicas por faixas de areia, deverão ser consideradas como estuários. As águas de estuários serão, de maneira geral, consideradas como extensões de uma baía ou do mar aberto até o limite a montante da ação das marés, porém podem ser consideradas como extensões do mar em direção ao largo, nos casos em que ocorra uma significativa mistura de águas doces e salgadas na linha das águas costeiras abertas. As águas englobadas nesta definição incluem, entre outras, as do Delta Sacramento — San Joaquin especificadas na Seção 12220 do Código de Águas da Califórnia, as da Baía de Suisan, o Estreito de Cerquinez a jusante da Ponte Carquinez, e as de determinadas áreas dos rios Smith, Klamath, Mad, Eel, Noyo e Russo.

3) Os Objetivos de Qualidade de Água e os Requisitos de Qualidade de Efluentes são definidos por uma distribuição estatística, quando for o caso. Este método permite a identificação das variações que normalmente ocorrem no grau de eficiência de tratamento e de amostragem, bem como das técnicas analíticas, e não permite práticas operacionais menos sofisticadas. O coeficiente percentual 50 (concentração que não deve ser excedida durante mais de 50% do tempo) e 90 (concentração que não deve ser excedida durante mais de 10% do tempo) estabelecem uma distribuição aceitável para qualquer período de 30 dias consecutivos. A distribuição dos índices reais de amostragem para qualquer período de 30 dias consecutivos não deverá representar qualquer coeficiente percentual que supere aquele da distribuição aceitável.

4) Áreas destinadas à prática de esportes aquáticos nos quais ocorre

contato direto do corpo humano com a água, situadas além da zona da linha das praias, mencionadas no Capítulo II-A-1., bem como as áreas para pesca de mariscos e ostras, etc., serão designadas pela Comissão Regional, em bases individuais e específicas.

5) Amostras de superfície serão coletadas das estações representativas das respectivas áreas de máximo impacto provável.

6) A média a ser considerada para resultado de amostragem referente a qualquer período de 30 dias consecutivos deverá estar dentro de apenas uma variação de padrão, em relação à média especificada para níveis naturais, para o mesmo período.

7) Zona de Diluição Inicial é o volume de água próximo ao ponto de descarga, em cujos limites os despejos rapidamente se misturam com a água do mar por força da ação momentânea da descarga em função da diferença de densidade entre o despejo e as águas receptoras.

8) A degradação será determinada mediante a análise dos efeitos da descarga de despejos, no que se refere à diversidade das espécies, suas respectivas populações, anomalias quanto à multiplicações das espécies e seu desenvolvimento, eventuais debilidades e/ou deformações, ou à ocorrência do aparecimento de espécies de plantas ou animais indesejáveis e que suplantem as espécies normais.

9) A conformidade com os padrões dos objetivos de qualidade das águas será determinada por meio de amostras coletadas nas estações representativas das respectivas áreas, dentro do campo de despejo onde se processa a diluição inicial. A redução de 10% no índice de oxigênio dissolvido poderá ser determinada considerando-se uma margem para os efeitos de correntes ascendentes induzidas.

10) Este parâmetro deverá ser usado para medir a capacidade que as águas possuem, de manter uma biologia marinha sã e em boas condições, até que sejam desenvolvidos e adotados métodos aperfeiçoados, para avaliação da resposta biológica.

a) **Concentração de Toxidade (tc)**
Expressa em Unidades de Toxidade (tc):

$$TC(tu) = \frac{100}{96\text{-hr. TLm}\%}$$

b) **Limite Médio de Tolerância (TLm%)**

0 TLm deverá ser determinado por bio-ensaios estáticos ou contínuos, usando-se das normas existentes para tal. Se ficar comprovado que determinadas substâncias identificáveis, presentes nos despejos, tiverem a capacidade de rapidamente se tornarem inofensivas após a descarga no

meio ambiente marinho, o TLM poderá ser determinado mediante o ajuste das amostras a serem testadas, a fim de se remover a influência daquelas substâncias.

Quando não for possível medir-se o TLM de um período de 96 hr devido a uma taxa de sobrevivência superior a 50% das espécies submetidas a teste efetuado em 100% de descarga, a concentração de toxidade deverá ser calculada pela seguinte equação:

$$T_c (tu) = \frac{\log (100) - S}{1.7}$$

onde

S = porcentagem de sobrevivência em 100% do despejo.

c) Índice de Toxidade da Emissão (TER)

É o produto da Concentração de Toxidade (Tc) do efluente, com a vazão do mesmo expressa em mgd.

(Nota: mgd = milhões de galões por dia)

TER tu. mgd = Tc tu) x Vazão do Despejo (mgd)

d) Concentração Final de Toxidade

Expressa em unidades de toxidade (tu), e deverá ser determinada por um bio-ensaio e estimada através das seguintes equações:

$$Ftc (tu) = \frac{FG\text{Índice de Toxidade da Emissão}}{\text{Água de Diluição Inicial} + \text{Vazão do Despejo}}$$

$$= \frac{TER}{Q_d + Q_w}$$

e) Água de Diluição Inicial (Qd)

Deverá ser calculada como produto da velocidade estimada da corrente, da extensão efetiva do difusor normal em relação à corrente predominante, e da profundidade efetiva de mistura.

11) Essencialmente isenta significa as limitações específicas estipuladas no Capítulo IV deste Programa.

1) Os sistemas difusores deveriam oferecer uma capacidade de diluição inicial da descarga com a água do mar superior a 100 por um durante pelo menos 50% do tempo, e superior a 80 por um durante pelo menos 90% do tempo. Se uma descarga for essencialmente idêntica à água natural do mar, requisitos de diluição menos restritos poderão ser permitidos pela Comissão Regional.

1) Despejos que contenham organismos patogênicos ou vírus deveriam ser descarregados a uma dis-

tância suficiente das áreas de concentração de marisco, ostras etc., e das destinadas à prática de esportes aquáticos que envolvam o contato do corpo humano com a água do mar, a fim de que possam ser mantidos os padrões bacteriológicos aplicáveis ao caso, sem entretanto recorrer-se à desinfecção. Nos casos em que as condições predominantes forem tais que não permitam observar-se a devida distância para a descarga, deverá ser efetuada uma desinfecção altamente garantida, juntamente com a maior distância possível, técnica e economicamente, entre o ponto de descarga e as áreas de uso para a pesca de mariscos e a prática de esportes aquáticos. Deverão ser devidamente considerados os métodos de desinfecção que no promovam a elevação do índice de toxidade dos efluentes e que representem um mínimo de risco para o meio ambiente como para o ser humano, quanto à sua manipulação, produção, transporte e utilização.

14) Total de Hidrocarbonetos Clorados Identificáveis deverá ser calculado somando-se as respectivas concentrações de DDT, DDD, DDE, aldrin, BHC, endrin, clordano, heptacloro, lindano, dieldrin, PCB, e outros hidrocarbonetos clorados identificáveis.

ANEXO B

PRINCIPAIS DESPEJOS INDUSTRIAIS

| Indústrias Produtoras de Despejos | Origem dos Despejos Principais | Características Principais | Principais Métodos de Tratamento e de Disposição Final |
|--|--|---|--|
| VESTUÁRIOS | | | |
| Texteis | Cozinhamento das fibras; messecção dos tecidos | Alta alcalinidade, temperatura, alto teor de DBO e de sólidos em suspensão, forte coloração | Neutralização, precipitação química, tratamento biológico, aeração e/ou filtro biológico |
| Cortumes | Todas as fases de industrialização, desde a remoção dos pelos até o tratamento final do couro | Alto teor de sólidos totais, alta dureza, sais, sulfetos, cromo, pH, precipitado de cal, alta DBO | Equalização, sedimentação e tratamento biológico |
| Lavanderias Industriais | Lavagem dos tecidos | Alta turbidez, alcalinidade e sólidos | Peneiramento, precipitação química, flotação e adsorção |
| PRODUTOS ALIMENTÍCIOS E FARMACEUTICOS | | | |
| Comestíveis Enlatados | Corte, desbaste, descaroçamento, extração de suco, de frutas e vegetais | Alto teor de sólidos em suspensão, partículas coloidais e matéria orgânica dissolvida | Peneiramento, represamento, absorção pelo solo ou irrigação por aspersão |
| Laticínios | Diluições do leite integral, homogeneização, separação por tipos, extração do soro e processamento de manteiga e creme | Altos teores de matéria orgânica dissolvida, principalmente proteínas, gorduras e lactose | Tratamento biológico, aeração, filtro biológico, lodos ativados, etc. |
| Cervejarias e destilarias | Moagem de grãos restilo vinhoto; condensados das torres de evaporação | Altos teores de sólidos orgânicos dissolvidos contendo nitrogênio e amidos fermentados de seus produtos | Recuperação de sub-produtos por centrifugação e evaporação, filtro biológico, utilização na fabricação de rações de animais, dissolução anaeróbica dos resíduos de fermentação dos grãos |

| Indústrias Produtoras de Despejos | Origem dos Despejos Principais | Características Principais | Principais Métodos de Tratamento e de Disposição Final |
|--|--|--|---|
| Matadouros e abatedouro de aves | Curral de chegada e espera, local do abate, separação de ossos e gorduras; resíduos dos condensados, graxas e água de lavagem | Alto teores de sólidos em suspensão e dissolvidos, sangue, outras proteínas e gorduras | Gradeamento fino, sedimentação e/ou flotação, filtro biológico |
| Currais e criadouros de animais | Excremento dos animais | Altos teores de sólidos orgânicos em suspensão e de DBO | Disposição no solo e em lagoas anaeróbicas |
| Usina de açúcar (extraído da beterraba) | Águas de transferência de gradeamento e de extração de suco, produto da drenagem do lodo de cal. Condensados após a evaporação, extração do açúcar | Altos teores de matéria orgânica dissolvida e em suspensão, contendo açúcares e proteínas | Reciclagem das águas, coagulação e represamento |
| Produtos Farmacêuticos | Águas de lavagem, resíduos de filtração e mycelium | Altos teores de matéria orgânica dissolvida e em suspensão, incluindo vitaminas | Evaporação e secagem; fabricação de rações alimentares |
| Leveduras e Fermentos Industriais | Resíduos de filtração de fermentos | Altos teores de sólidos (principalmente orgânicos) e de DBO | Digestão anaeróbica, filtro biológico |
| Pickles | Águas alcalinas, salmouras, sulfato de alumínio, extração de sumos, sementes e pedaços de pepino | pH variável, alto teor de sólidos em suspensão, coloração e material orgânico | Manutenção da fábrica em boas condições de limpeza, gradeamento fino e equalização |
| Beneficiamento de café | Despolpamento e fermentação dos grãos de café | Alta DBO e sólidos em suspensão | Gradeamento fino, sedimentação e filtro biológico |
| Pescados | Rejeições da centrifugação, peixes prensados, água dos evaporadores e outras águas de processo | DBO muito alta, sólidos orgânicos totais, e maus odores | Evaporação do efluente total, e transporte dos restos para o mar, em barcaças |
| Beneficiamento de arroz | Tumefação, lavagem e cozinhamento | Alta DBO e altos teores de sólidos em suspensão (principalmente amido) | Coagulação com cal, e digestão |
| Refrigerantes | Lavagem dos vasilhames, lavagem de piso e dos equipamentos, drenagem dos tanques de estocagem de xaropes | Alto Ph, sólidos em suspensão e DBO | Gradeamento fino, seguido de descarga na rede coletora pública |
| Confeitarias e padarias | Lavagem e engorduramento dos tachos; lavagem de piso | Alta DBO, gorduras, açúcares, farinhas, detergentes | Amenização e disposição para oxidação biológica |
| Tratamento de água | Água de lavagem de filtros, lodo de sulfato de alumínio e de cal e soda, salmouras e águas saturadas | Minerais e sólidos em suspensão | Descarga direta em rios e indireta, com retenção prévia em lagoas |
| Usinas de cana-de-açúcar | Vazamento da extração, clarificação, etc. Evaporações produzidas pelas águas de resfriamento e condensação | Ph variável, matéria orgânica solúvel com DBO relativamente alta, de natureza carbonácea | Neutralização, recirculação, tratamento químico, alguns tipos de oxidação aeróbica |
| Agricultura | Origem variada, dependendo da procedência exata; produtos químicos, retorno de irrigações, resíduos sólidos de colheitas, despejos líquidos e sólidos de animais | Alto teor de material orgânico e DBO, detergentes, solventes e outros compostos para limpeza | Lagoas de oxidação biológica, compostagem, digestão anaeróbica e disposição no solo (fertilizantes) |
| MATERIAIS | | | |
| Celulose e papel | Cozinhamento, refinamento, lavagem de filtros, peneiramento da celulose | Alto ou baixo pH, coloração, altos teores de sólidos em suspensão, partículas coloidais e sólidos dissolvidos, e material inorgânico | Sedimentação, represamento, tratamento biológico, aeração, recuperação de sub-produtos |
| Produtos Fotográficos | Soluções descartadas de reveladores e fixadores | Alcalino, contendo vários agentes redutores orgânicos e inorgânicos | Recuperação da prata, e descarga em rede pública |
| Siderurgias | Coqueria, lavagem dos gases de alto forno e líquidos de decapagem | pH baixo, ácidos, cianogênicos, phenóis, minérios, coque, calcário, álcalis, óleos, carepa e sólidos finos em suspensão | Neutralização, recuperação e reutilização, coagulação química, sedimentação |

| Indústrias Produtoras de Dejejos | Origem dos Dejejos Principais | Características Principais | Principais Métodos de Tratamento e de Disposição Final |
|--|---|--|--|
| Galvanoplastias | Decapagem, limpeza e banhos eletrolíticos | Ácido, metais pesados, tóxicos, pequeno volume, principalmente matéria mineral | Remoção de cianetos por cloração alcalina, redução e precipitação de cromo e de outros metais |
| Fundições | Dejejo de areia usada para limpeza das peças por meio de descarga hidráulica | Alto teor de sólidos em suspensão, principalmente areia, alguma argila e carvão | Peneiramento seletivo, secagem da areia recuperada |
| Refinarias e campos de extração de petróleo | Lamas de perfuração, sais, óleos, gases naturais, lodos ácidos, e vários tipos de óleos provenientes da refinação | Alto teor de sais dissolvidos, alta DBO, odores, fenóis e compostos de enxofre | Captação e derivação, recuperação, injeção de sais, acidificação e queima dos lodos alcalinos |
| Manipulação de óleos combustíveis | Vazamentos dos tanques de estocagem, durante as operações de enchimento, descarte de óleos de motores (carter) | Altos teores de óleos dissolvidos e emulsionados | Prevenção contra vazamentos flotação, acondicionamento, reciclagem |
| Indústria de borracha | Lavagem do latex, borracha coagulada, impurezas extraídas da borracha bruta | Alta DBO, odor, sólidos em suspensão e cloretos, e pH variável | Aeração, cloração, sulfonação, tratamento biológico |
| Indústrias de vidraria | Polimento e limpeza dos vidros | Cor vermelha, sólidos alcalinos em suspensão e não sedimentáveis | Precipitação por cloreto de cálcio |
| Almoxarifados navais | Resíduos de compostos e solventes, recuperação de solventes e águas provenientes da recuperação de óleos e graxas | Ácido, DBO alta | Recuperação de sub-produtos equalização, reciclagem e filtração biológica |
| Fabricação de colas e adesivos | Lavagens alcalinas e ácidas, extração de proteínas não específicas | Alta DBO, DQO, pH, cromo e periódicas descargas de ácidos minerais fortes | Amenização e disposição para tratamento biológico, flotação e precipitação química |
| Preservação de madeiras | Condensador de Vapores | Alta DBO, DQO, sólidos e fenóis | Coagulação química, tanques de oxidação e outros tratamentos biológicos |
| Fabricação de velas | Resíduos de ceras, condensadores de ácido esteárico | Ácidos graxos orgânicos | Digestão anaeróbica |
| Fabricação de madeira compensada | Lavagens de cola | Alta DBO, pH, fenóis, toxidez em potencial | Tanques de sedimentação e incineração |
| Tambores, latarias e outros recipientes metálicos | Corte e lubrificação dos metais, limpeza das superfícies dos recipientes | Aparas de metal, óleos lubrificantes, pH variável, materiais de acabamentos de superfícies, metais dissolvidos | Separação de óleos, precipitação química, coleta e reutilização, estocagem em tanques, adsorção final |
| Petroquímicas | Águas contaminadas pela produção química, e transporte de compostos de óleos de segunda geração (sub-produtos) | Alta DBO, sólidos totais dissolvidos, razão COD/DBO e produtos químicos inibidores de atividade biológica | Recuperação e reutilização; equalização e neutralização; coagulação química, sedimentação ou floculação e oxidação biológica |
| Cimento | Pó de cimento, coleta de lixívia, descarte de pós finos | Água de resfriamento aquecida, sólidos em suspensão, alguns sais orgânicos | Segregação das correntes carreadoras de vários tipos de pó, neutralização e sedimentação |
| Fábrica de móveis de madeira (marcenarias) | Cabines de aspersão úmida e de lavagem das madeiras e peças | Materiais orgânicos proveniente de vernizes e outros produtos para pintura, acabamento, e colagem das madeiras | Evaporação ou queima |
| Amianto | Limpeza e britagem do minério | Asbestos em suspensão e sólidos minerais | Retenção em tanques, neutralização e disposição em aterros |
| Tintas e produtos para pinturas | Descarte de materiais solventes, usados para limpeza e eliminação dos vapores e gases das tintas, cortinas, remoção e refinação de tintas | Contém sólidos orgânicos de corantes, resinas, óleos, solventes, etc. | Sedimentação em tanques para retenção de tintas, coagulação com cal para tintas de impressão |
| INDÚSTRIAS QUÍMICAS | | | |
| Ácidos | Águas de lavagem diluídas, vários ácidos diluídos | pH baixo, baixo teor orgânico | Colunas dissipadoras ou neutralização direta, e queima quando há presença de matéria orgânica |

| Indústrias Produtoras de Despejos | Origem dos Despejos Principais | Características Principais | Principais Métodos de Tratamento e de Disposição Final |
|---|--|---|---|
| Detergentes | Lavagem e purificação de sabões e <i>detergentes</i> | Alta DBO e sabões saponificados | Flotação, separação e retenção com escumadeiras e precipitação com CaCl ₂ |
| Amidos de milho (maizena) | Condensados ou sedimentos de <i>evaporação quando não recuperados</i> ou reutilizados, e vazamentos do processo de engarrafamento, gomas das lavagens finais | Alta DBO e material orgânico dissolvido, principalmente amidos e materiais correlatos | Equalização, filtração biológica e digestão anaeróbica |
| Explosivos | Lavagem de T.N.T. e de algodão <i>pólvora para purificação lavagem</i> e desoxidação de cartuchos e cápsulas | T.N.T. ácido e de cheiro desagradável, contendo ácidos orgânicos provenientes de pólvora e do algodão, álcool, metais, óleos e sabões | Flotação, precipitação química, tratamento biológico, aeração, cloração do T.N.T., neutralização e absorção |
| Pesticidas | Lavagem e purificação de produtos tais como 2, 4-D e D.D.T. | Alto teor de matéria orgânica, cromática (anéis benzênicos) tóxicos a bactérias e peixes, e ácidos | Diluição, estocagem, adsorção por carvão ativado, cloração alcalina |
| Produção de Fosfatos e produtos fosforados | Lavagem, peneiramento, flotação, purga da estação de redução do fosfato | Argilas, lodos minerais e óleos de sêbo, pH baixo, alto teor de sólidos em suspensão, fósforo, sílica e fluoretos | Represamento, clarificação com raspadores de lodo mecanizados, coagulação e sedimentação dos resíduos refinados |
| Formaldeído | Resíduos provenientes da fabricação de resinas sintéticas, e do tingimento de fibras sintéticas | Normalmente alta DBO e HCHO, tóxico a bactérias quando em altas concentrações | Filtro biológico, e adsorção por carvão vegetal ativado |
| Plásticos e resinas | Operação das unidades para a preparação de polímeros e seu uso, vazamentos e lavagem de equipamentos | Ácidos, matéria orgânica cáustica e dissolvida, tais como fenóis e formaldeídos, etc. | Descarga em rede de esgoto público, reutilização, descarga controlada |
| Fertilizantes | Reação química de elementos básicos; vazamentos, águas de refrigeração, lavagem de produtos, purga de caldeiras | Ácidos sulfúrico, fosfórico e nítrico, elementos minerais, P, S, N, K, Al, NH ₃ , etc. e alguns sólidos em suspensão | Neutralização, retenção para reutilização, sedimentação, liberação de NH ₃ por aeração, precipitação por adição de cal |
| Produtos químicos tóxicos | Vazamentos, derramamentos acidentais, e purificação de produtos químicos | Vários elementos e compostos tóxicos dissolvidos, tais como Hg e PCBs | Retenção para reutilização, modificação na produção |
| Necrotérios | Secreções e fluidos dos corpos, águas residuárias e de lavagem, vazamentos | Sangue, sais, formaldeídos, alta DBO, doenças infecciosas | Descarga em rede pública, de esgotos, retenção e cloração |
| Hospitais, restaurantes, laboratórios | Lavagem, esterilização de equipamentos e instrumentos ou utensílios, soluções descartadas, vazamentos | Bactérias, vários materiais químicos radiativos | Descarga em rede municipal, retenção, tratamento biológico por aeração em áreas de grandes dimensões |
| ENERGIA | | | |
| Termoelétricas | Água de refrigeração, purga de caldeiras, drenagem de carvão | Sólidos quentes, inorgânicos e dissolvidos e de alto teor | Resfriamento por aeração, estocagem de cinzas, neutralização do excesso de despejos ácidos |
| Lavagem de gases de termoelétricas | Lavagem dos gases de combustão | Particulados, SO ₂ , absorventes impuros, ou NH ₃ , NaOH, etc. | Remoção de sólidos, geralmente por sedimentação, ajuste de pH e reutilização |
| Processamento de carvão | Limpeza e classificação, infiltração de extrato de enxofre no lençol d'água | Sólidos em alta suspensão, principalmente particulados de carvão, baixo pH, alto H ₂ SO ₄ e FeSO ₄ . | Sedimentação, flotação de espuma, controle de drenagem e vedação das minas |
| INDÚSTRIAS NUCLEARES E DE MATERIAIS RADIATIVOS | | | |
| Usinas Nucleares e Materiais radiativos | Processamento dos minérios, lavagem de roupas contaminadas, despejo de laboratório de pesquisas; processamento de combustível, água de refrigeração das usinas | Os elementos radiativos podem atingir elevado grau de acidez e temperatura. | Concentração e tamboramento; ou diluição e dispersão |