

Roteiro para estudos oceanográficos necessários ao projeto de emissários submarinos

Eng. Sérgio A. S. Almeida (1)

Resumo

Para o planejamento, projeto, construção e operação de sistemas de disposição de efluentes por meio de emissários submarinos, torna-se necessária a realização de campanhas oceanográficas numa extensão e duração bastante amplas.

Estes estudos, devido à sua complexidade, necessidade de apoio logístico e alto custo, devem ser programados de tal forma a evitar-se perda de dados, que muitas vezes são insubstituíveis.

Na comunicação, as campanhas oceanográficas dividem-se em quatro subprogramas: oceanografias física, biológica, química e geológica.

Para cada subprograma são apresentados os parâmetros que devem ser pesquisados ou obtidos e detalhados os métodos aplicáveis.

Ao fim, considerações genéricas sobre custos são apresentadas.

1 Introdução

Para o planejamento, projeto, construção e operação de sistemas de disposição de efluentes por meio de emissários submarinos, torna-se necessária a realização de campanhas oceanográficas numa extensão e duração bastante amplas, mas que no entanto se tornam indispensáveis para o sucesso do sistema.

Naturalmente, devido à complexidade dessas atividades, associada ao amplo apoio logístico necessário, as campanhas oceanográficas transformam-se num componente com peso total razoável dentro do custo total de implantação e, geralmente, algumas vezes superior ao custo do próprio projeto.

O programa das campanhas oceanográficas se divide normalmente em quatro subprogramas:

- Subprograma de Oceanografia Física;
- Subprograma de Oceanografia Biológica;

- Subprograma de Oceanografia Química (ou Qualidade de Água);
- Subprograma de Oceanografia Geológica.

Estes programas geralmente se inter-relacionam e é necessário que sejam, na maior parte das vezes, realizados simultaneamente, o que pode exigir a utilização de mais de uma embarcação ao mesmo tempo.

Além dos serviços referentes aos subprogramas acima mencionados, existem ainda as atividades de apoio, efetuadas antes e durante a realização das campanhas, conforme descrito a seguir.

2 Atividades de apoio

2.1 Planejamento das campanhas

Uma vez determinada, através de estudos em cartas náuticas e em outros documentos existentes, a área em que se desenvolverão os estudos oceanográficos, pode-se passar ao planejamento das campanhas onde se incluem:

- determinação dos parâmetros a serem pesquisados e sua frequência;
- estabelecimento de métodos e procedimentos;
- dimensionamento dos equipamentos a serem utilizados, no mar e em terra, e das equipes embarcadas, em terra de escritório e de laboratório;
- alocação das embarcações, função do tipo de serviço a que se destinam, duração do subprograma e da sua natureza;
- dimensionamento da frascaria e recipientes para coleta de amostras e material para a sua conservação;
- determinação dos limites de detectabilidade desejados para as amostras do subprograma de oceanografia química;
- determinação do tipo de tratamento que será empregado na análise e interpretação dos dados, para que possam ser coletados adequadamente;
- dimensionamento do apoio logístico, incluindo transporte, alimentação etc.

2.2 Topografia e posicionamento no mar

Uma rede básica de marcos com coordenadas determinadas é imprescindível, não só para o posicionamento das embarcações e equipamentos durante os diversos serviços a serem realizados no mar como, também, para a posterior construção do sistema de disposição, que deverá ser posicionado em relação aos mesmos marcos utilizados na fase de medições e estudos.

2.2.1 Procedimentos

A partir de dois marcos integrantes da rede geodésica oficial que existam na região, deve-se fazer a determinação de tantos pontos quantos sejam necessários para atender ao posicionamento de cada um dos serviços que serão executados.

Os procedimentos de topografia são completamente conhecidos, não cabendo aqui detalhar como deve ser feita a sua execução.

Nos serviços realizados no mar, o posicionamento deve ser feito com equipamento eletrônico, por exemplo o MRS-Mini-Ranger System, que apresenta uma precisão de ± 3 metros. Este equipamento utiliza como bases terrestres ("transponders") pontos localizados nos marcos de coordenadas conhecidas, implantados na fase anterior.

Este equipamento permite um posicionamento muito rápido e é ideal quando se têm muitas estações de medição ou coleta de amostras. Quando, por algum motivo, as pesquisas são feitas num único ponto, ou em poucos pontos, e de modo estático, é mais econômica a instalação de bóias sinalizadas.

Este equipamento se utiliza de baterias de automóvel, que são recarregadas ou substituídas diariamente, devendo-se prever um apoio logístico para tal.

3 Oceanografia física

3.1 Ventos

As medições de ventos são necessárias para determinar a sua influência

(1) Professor da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
Diretor-Presidente da Multiservice Engenharia Ltda.

cia nas correntes superficiais e se obter a correlação entre ventos e correntes. A medição de ventos permite ainda que se faça uma interpretação que indicará a tendência do percurso dos sólidos flutuantes.

3.1.1 Procedimentos

O equipamento utilizado para medir e registrar a intensidade e direção do vento é o anemógrafo.

Deve ser instalado em terra, num local tal que nenhum obstáculo (muro, prédio etc.) perturbe os seus registos.

Um dos tipos de anemógrafo mais utilizado é o que emprega um rotor tipo Robinson de três conchas, totalmente mecânico e que dispensa o uso de electricidade. Tais equipamentos possuem as seguintes características técnicas:

- Faixa de registo de velocidade: 0 e 40 m/s;
- faixa de registo de direção: 0 a 360°;
- velocidade de partida do rotor: menos que 0,5 m/s;
- período de rotação do tambor de registo: 25 horas.

Geralmente, devido ao seu relativamente baixo custo, as medições de vento são feitas continuamente, mesmo que as campanhas de oceanografia física sejam feitas sazonalmente. Os registos normalmente são analisados e apresentados da seguinte forma:

- diagrama da distribuição de frequência relativa das intensidades segundo as direções;
- diagrama da distribuição de frequência relativa das direções;
- diagrama das velocidades médias ocorridas por direção;
- gráfico de permanência mensal das direções diárias mais frequentes e correspondentes velocidades médias.

Adicionalmente, coletam-se também as séries históricas de registos de ventos disponíveis na região em estudo, sendo então realizada a sua interpretação, incluindo frequência, sequência de direção, aspecto de velocidade e outros.

3.2 Correntes

As correntes representam o parâmetro mais importante para o projeto do futuro sistema de dispersão. Os resultados devem ser exaustivamente analisados e utilizados na determinação da corrente de projeto em direção à costa. São ainda de fundamental importância nos estudos de dispersão, de advecção nos cálculos de dimen-

sionamento estrutural da tubulação e de estruturas temporárias ou definitivas na zona de arrebentação.

As medições de correntes podem ser executadas com correntômetros ou com correntógrafos. Os primeiros fazem medições instantâneas da intensidade e direção das correntes, num ponto fixo ou não, a partir de uma embarcação. O segundo é instalado num ponto fixo, a uma profundidade também fixa, e regista automaticamente, independente de operador, a direção e intensidade da corrente a pequenos intervalos de tempo, geralmente 7 a 10 minutos. Normalmente, tem autonomia de sete a dez dias, quando então devem-se trocar as baterias e o papel registrador. As figuras 1 e 2 mostram a instalação desses equipamentos.

nos períodos de marés de Sízigia e Quadratura, onde, supostamente, devem ocorrer os valores máximos e mínimos da intensidade da corrente, respectivamente. Consideram-se período de maré de Sízigia os dias de luas cheia e nova, e os dias imediatamente anterior e posterior. Igualmente, consideram-se período de maré de Quadratura os dias de luas em quarto crescente ou minguante, e os dias imediatamente anterior e posterior.

Geralmente, são lidos os valores de velocidade e direção da corrente, para cada metro de profundidade, na vertical de cada ponto de medição, a cada hora.

O procedimento a ser adotado para as medições dependerá basicamente do estado do mar verificado nos dias em que as medições forem realizadas.

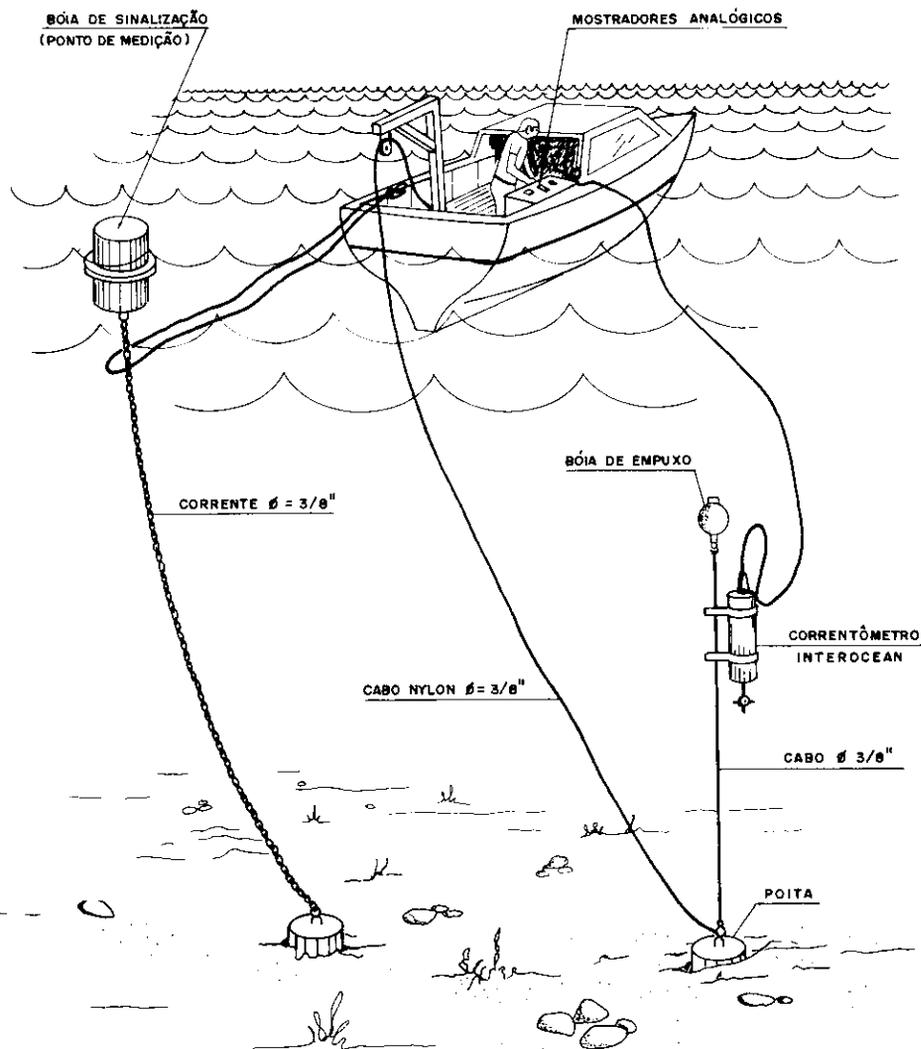


Figura 1 — Esquema das medições com correntômetro

3.2.1 Procedimentos

3.2.1.1 Medições com Correntômetros

Como as medições com correntômetros necessitam de apoio de embarcação, geralmente são realizadas

Para a interpretação dos valores medidos com correntômetros, confecciona-se tabela com os valores instantâneos da velocidade e direção da corrente, para as diversas profundidades de medição, a cada hora. Estes dados também podem ser apresentados na forma gráfica.

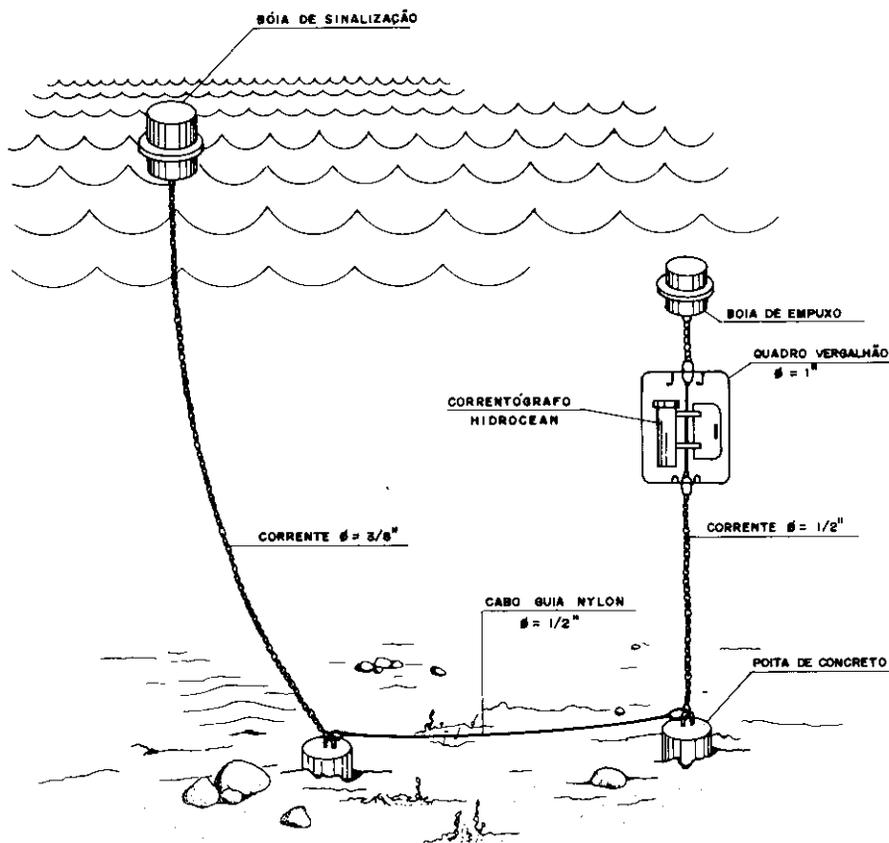


Figura 2 — Instalação dos correntógrafos

Outra aplicação do correntômetro consiste em utilizá-lo para determinar a que profundidade deve-se instalar o correntógrafo, já que o primeiro tem a flexibilidade de efetuar as medições a várias profundidades, enquanto que o segundo é instalado para medir as correntes a uma profundidade predefinida (a partir dos resultados das medições com correntômetros).

3.2.1.2 Medições com Correntógrafos

Normalmente instala-se o correntógrafo numa posição adjacente ou futuro difusor do emissário, a uma profundidade obtida pelas medições com correntômetro. Se dados sobre a salinidade e temperatura forem disponíveis, pode-se calcular se haverá submergência do campo de esgotos e, neste caso, deve-se assegurar que o correntógrafo fique instalado a uma profundidade tal que o campo de esgotos o intercepte.

O correntógrafo mais comum utiliza um rotor do tipo Savonius, medindo intensidades na faixa de 3,0 a 300 cm/s e direções de 0 a 360°, com precisão de 3%.

Por segurança, devem-se instalar dois correntógrafos em cada ponto de medição, para evitar perda de dados insubstituíveis, devido a eventual mau funcionamento do equipamento ou problemas com baterias.

Os correntógrafos devem ser instalados de forma a ser possível mudar

a sua profundidade de medição, e devem ser sinalizados com uma bóia, obedecendo às instruções da DHN, conforme mostra a figura 2.

A partir dos dados obtidos, devem-se elaborar os seguintes elementos:

- tabela dos valores máximos diários das velocidades da corrente com as respectivas direções;
- diagrama das velocidades médias mensais ocorridas por direção;
- diagrama da distribuição de frequência das direções;
- diagrama da distribuição de frequência relativa das velocidades das correntes, segundo as direções.

3.3 Ondas

A medição das ondas é importante para a avaliação da capacidade de dispersão do oceano. Adicionalmente, é necessário conhecer a sua amplitude, frequência e direção do trem de ondas para o futuro dimensionamento estrutural das tubulações, inclusive sua ancoragem. São importantes também para o dimensionamento adequado das estruturas marítimas temporárias (treliças etc.) ou permanentes.

3.3.1 Procedimentos

Basicamente, existem três tipos de equipamentos para medições de ondas — flutuantes, instalados no fundo e instalados a uma profundidade intermediária.

O mais empregado é o primeiro, flutuante, conhecido como "Waverider". Sua instalação é feita de acordo com a figura 3. O equipamento é conectado a uma bóia e o sensor mede a aceleração vertical do conjunto, à medida que este sobe e desce seguindo as ondas transformando esta grandeza, internamente, na amplitude da onda. Um sinal de FM é emitido para a costa, onde é recebido e transferido para uma fita.

Os sensores de pressão, instalados no fundo do mar, geralmente são ligados por cabos a instrumentos colocados na costa, sendo estes cabos exatamente a sua maior desvantagem.

O terceiro tipo, também bastante empregado, é instalado a uma profundidade intermediária, como mostra a figura 4. O equipamento registra as medições em papel na escala 1:1.000 para as variações de nível e 20 s/cm para os tempos.

Este equipamento permite o registro de variações de nível máximas de até 8 m, com uma precisão de 0,1 m quando instalado a aproximadamente 4,5 m de profundidade em relação ao nível médio do mar. Os registros são efetuados a cada período de 3 horas e têm duração de 15 minutos cada um.

Para qualquer equipamento empregado, podem-se obter os seguintes dados, através da análise dos registros:

- tabela dos seguintes valores para cada registro:
- altura máxima das ondas de cava à crista;
- altura significativa das ondas de cava à crista;
- período médio de cristas;
- gráfico de permanência mensal dos valores máximos e diários;
- gráfico de permanência mensal dos valores significativos máximos e diários;
- gráfico de permanência mensal dos valores médios diários dos períodos médios de crista;

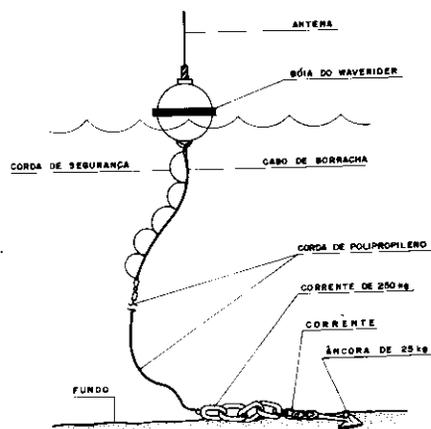


Figura 3 — Ondógrafo Waverider

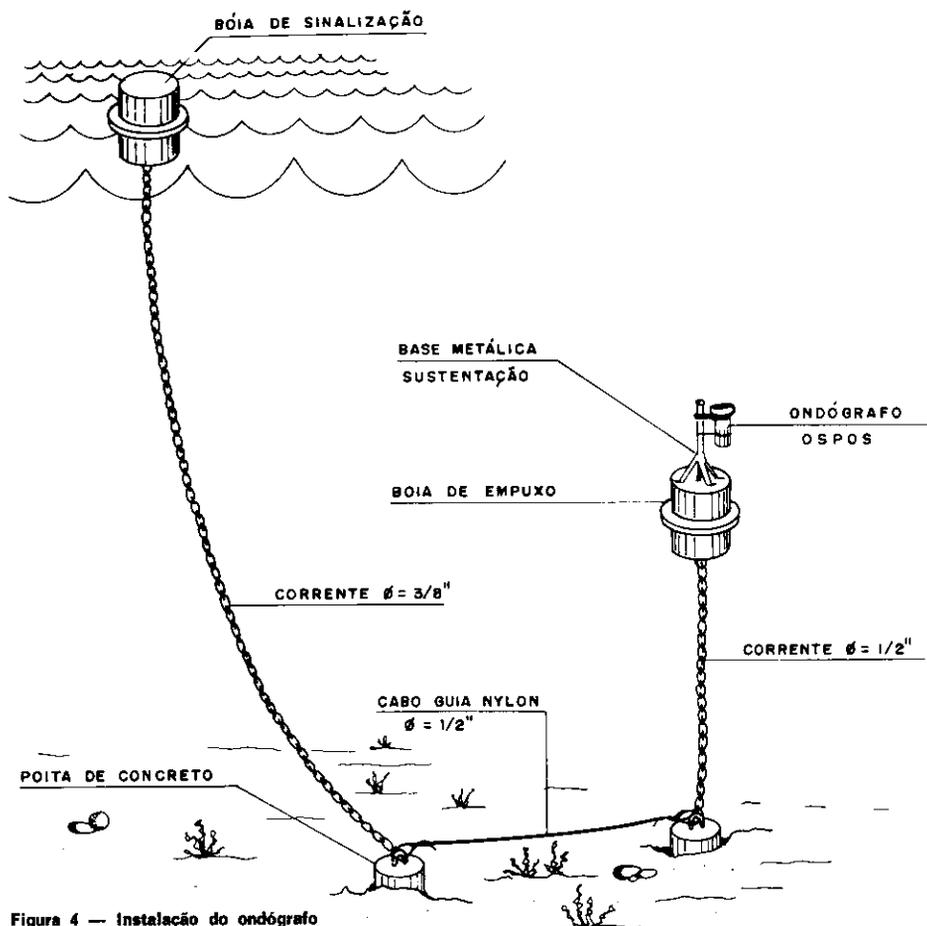


Figura 4 — Instalação do ondógrafo

— gráfico de permanência mensal dos valores dos períodos médios de crista, correspondentes aos registros onde ocorreram os máximos diários das ondas de cava à crista;

— histograma da distribuição de frequência relativa das ondas de cava à crista;

— histograma da distribuição de percentagem e excedência das ondas de cava à crista;

— histograma da distribuição de frequência relativa dos valores máximos diários das ondas de cava à crista;

— histograma da distribuição de frequência relativa dos valores significativos máximos diários;

— histograma da distribuição de frequência relativa dos valores dos períodos médios de crista;

— histograma da distribuição de frequência relativa dos valores dos períodos médios de crista correspondentes aos registros onde ocorreram os máximos diários das ondas de cava à crista.

3.4 Marés

Mede-se a maré que ocorre na região em estudo para permitir o futuro dimensionamento hidráulico das tubulações e determinar-se os níveis de projeto em diversas unidades do sistema, como, por exemplo, a câmara

de carga. As marés também serão correlacionadas com as correntes e ventos.

3.4.1 Procedimentos

O marégrafo deve ser instalado em local que seja abrigado da agitação marítima e não apresente características anômalas do comportamento da maré por atrasos e/ou represamentos.

A cota do zero do marégrafo deve ser referida a duas ou mais referências de nível situadas nas proximidades e devidamente niveladas em relação à régua de maré instalada junto ao marégrafo.

Mensalmente devem ser determinados:

— níveis médios das preamares e baixa-marés de Sizígias e de Quadraturas;

— maior e menor amplitude;

— cotas extremas atingidas.

3.5 Estrutura de densidade

O conhecimento da estrutura de densidade do corpo receptor, nos pontos previstos para as futuras descargas dos emissários, é de fundamental importância, pois da sua observação e análise se determinará, na fase de projeto, se o campo de esgotos emer-

girá à superfície e até mesmo, em alguns casos, pode-se projetar o difusor para que isto não ocorra caso assim seja desejado.

A profundidade de equilíbrio do campo também é essencial para se determinar as diluições iniciais a serem obtidas, pois se o campo não emergir à superfície não se pode considerar como efetiva toda a profundidade em que se vai instalar os difusores.

3.5.1 Procedimentos

A temperatura e a salinidade da água devem ser medidas nos pontos de interesse, nas quatro estações do ano.

Estes dois parâmetros devem ser medidos a cada metro de profundidade, desde a superfície até o fundo, pois especialmente a temperatura pode mudar acentuadamente dentro de intervalos maiores.

As medições de temperatura e salinidade são efetuadas com termossalinômetro ou termocondutímetro, dotado de chave mecânico-digital com ajustamento em escala analógica.

Os equipamentos apresentam sensores localizados nas profundidades desejadas e, conectados a um registrador, permitem uma correlação da profundidade com a temperatura e salinidade, além da construção de curvas do "Sigma T".

Os termossalinômetros apresentam um termistor, consistindo de um semicondutor no qual uma ligeira mudança de temperatura causa uma pronunciada mudança na resistência elétrica.

A salinidade é medida através da condutividade, por meio de sensores. A conjunção da condutividade e temperatura permite ainda a determinação da densidade da água.

A interpretação das medições deve incluir as seguintes informações:

— perfis de temperatura x profundidade (determinação de termoclina sazonal rasa);

— perfis de salinidade x profundidade;

— evolução do "Sigma T";

— cálculo da densidade da água do mar, função da salinidade e temperatura.

Os termossalinômetros devem ser aferidos em laboratório imediatamente antes do início de campanha e imediatamente após o seu término.

3.6 Topografia submarina

A determinação precisa da topografia submarina, ou seja, a batimetria, permitirá que seja elaborado o perfil da tubulação e correlacionada a profundidade com a distância a partir da praia.

3.6.1 Procedimentos

A faixa em que será instalada a tubulação do emissário é levantada batimetricamente, em linhas paralelas espaçadas de 50 m.

Normalmente a largura da faixa é de 500 a mil m, para permitir estudos de alternativas.

Para a obtenção das profundidades são utilizados ecobatímetros, de registro contínuo, com precisão de $0,5 \pm 25$ mm de profundidade.

Uma vez que a medição da profundidade com ecobatímetros é afetada pelas condições locais de salinidade e temperatura da água, e considerando que em profundidade de até 60 m é mais preciso se fazer o ajuste da velocidade através da comparação a uma distância previamente medida com precisão, diariamente, antes de iniciar cada etapa de trabalho e ao fim da mesma, deve ser feita aferição arriando-se, abaixo do transdutor do ecobatímetro, uma placa metálica presa no extremo de um cabo de aço graduado, ajustando-se a velocidade do som de forma que seja indicada no registrador a profundidade da placa.

As profundidades obtidas são referidas ao nível de redução que será determinado pela análise harmônica da maré registrada no marégrafo.

4 Oceanografia biológica

4.1 Decaimento bacteriano — T90

É o principal parâmetro bioquímico e determina o decaimento bacteriológico sob o ação da água do mar. É fator determinante para o cálculo do comprimento de um emissário submarino.

A sobrevivência da bactéria no oceano tem sido estudada por diversos pesquisadores, que têm concluído que seu desaparecimento pode ser o resultado de um fator ou da combinação de vários fatores físico-químico-biológicos inter-relacionados, incluindo-se:

— a presença de substâncias tóxicas na água do mar;

— absorção da bactéria e a sua flocação e/ou sedimentação;

— a ação destrutiva da luz solar;

— a falta de nutrientes indispensáveis;

— a presença de bacteriófagos;

— a utilização da bactéria como alimento pelos protozoários e outros organismos predatórios; e,

— os efeitos competitivos e antagonísticos de outros microrganismos.

Pesquisadores têm notado que todos os fatores mencionados podem ser significativos, mas que o efeito individual de cada um é altamente variável,

de modo que nenhum fator pode ser mencionado como de maior importância. A interação e a resultante complexidade dos fatores que produzem o desaparecimento da bactéria explicam a necessidade de observações empíricas das taxas de desaparecimento. Estudos de laboratório podem ser conduzidos para conferirem ou avaliarem métodos ou fatores que contribuam para o desaparecimento bacteriano, mas os seus resultados pouco significam em relação àqueles provenientes de estudos conduzidos no campo, em manchas de esgoto na água do mar, localizadas nas vizinhanças gerais da descarga do futuro emissário.

A taxa de desaparecimento de coliformes é usualmente expressa em termos de T_{90} , valor que é definido como sendo o intervalo de tempo necessário para ocorrer o desaparecimento de 90% dos coliformes remanescentes.

Quando diluições iniciais de pelo menos 30:1 existem, a curva de desaparecimento é exponencial e pode ser aplicada no ponto de dispersão dos esgotos.

4.2 Plâncton

As diatomáceas são os microvegetais dominantes no meio marinho e muitas delas têm sido utilizadas como indicadores de determinadas mudanças nas condições ambientais.

Por isso mesmo, o estudo da interação das algas do Fitoplâncton (diatomáceas, dinoflagelados, fitoflagelados etc.) com as variáveis ambientais é de importância fundamental para se avaliar não só as condições atuais de uma determinada região, como também fornecer subsídios para se avaliar quais serão as possíveis consequências de mudanças na qualidade de um determinado ecossistema aquático.

Estudos detalhados da flora planctônica nos vários "microhabitats" certamente nos mostrarão a possibilidade de detectar indicadores dos vários graus de poluição.

A tolerância dos fitoplanctontes a vários poluentes, assim como o estímulo da taxa de crescimento devido a certos agentes entrofocantes, requerem detalhados estudos de campo.

Baseados em trabalhos desta natureza e que nos levaram a conhecer o papel das algas como utilizadoras de compostos orgânicos, assimiladores de íons em excesso às suas necessidades e à produção de antibióticos e outros produtos extracelulares, que são de grande significado na capacidade autodepuradora da água no mar.

4.2.1 Procedimentos

As amostras do Fitoplâncton são coletadas verticalmente usando uma rede com boca de 0,4 m de diâmetro e poro de 80 μ . A fixação do material é feita com Lugol, segundo as especificações de Ryther e Guillard.

Essas amostras permitem a determinação específica dos componentes do Microfitoplâncton, assim como a estimativa de sua abundância dentro da coluna d'água, através dos métodos de decantação e do deslocamento.

Para as determinações quantitativas do Fitoplâncton total no Nanofitoplâncton e do fracionamento, isto é, das relações entre o Nano e o Microfitoplâncton, devem ser coletadas amostras integrais e fixadas com isopropanol a 10%.

O Zooplâncton é coletado utilizando-se uma rede com iguais dimensões à utilizada para o Fitoplâncton, apenas com poro de 120 μ . A fixação é feita com formol neutralizador com urotropina. Todos os lances são feitos verticalmente, o que proporciona material para estudos de identificação das populações de Zooplâncton e a determinação do "Standing-stock".

São tomadas amostras para análise do teor de clorofila-a. Para isso são utilizados frascos de 1 l. As amostras serão preservadas com uma suspensão de $MgCO_3$ a 1% e refrigeradas no escuro.

Em laboratório são filtradas e a clorofila extraída em acetona 90%. A leitura é feita com espectrofotômetro.

Geralmente se usa a rede de estações de amostragem de qualidade da água para a coleta do Plâncton. Um ciclo completo de coleta inclui, no mínimo, uma campanha em cada estação do ano, durante um ano.

4.3 Bentos

A fauna benthica tem especial interesse como indicadora no hidrodinamismo presente em uma região, da qualidade das águas e do sedimento. Várias espécies benthicas, em regiões diversas dos oceanos, têm sido empregadas como indicadoras da poluição fecal, como as poliquetas capitelídeos. Os organismos bentônicos, devido à sua pequena motilidade, são verdadeiros acumuladores dos efeitos das ações antrópicas nos corpos hídricos costeiros e por isso o estudo de suas comunidades se constitui em excelente indicador das mesmas.

4.3.1 Procedimentos

As amostras benthicas são coletadas com uma draga retangular e/ou com um pegador de fundo do tipo Van Veen modificado.

As amostras são fixadas em formol a 4% e, posteriormente, analisadas e triadas. São estudadas a diversidade das amostras e a sua equitabilidade, através de índices estatísticos apropriados.

5 Oceanografia química (qualidade da água)

Os estudos prévios de qualidade da água e oceanografia biológica servem para testemunhar as condições ambientais reinantes antes da descarga de efluentes no oceano.

5.1 Procedimentos

Na área de influência da futura descarga determina-se uma rede de estações, onde será feita periodicamente a coleta de amostras para determinação, em laboratório, dos parâmetros físico-químico-microbiológicos indicadores da qualidade da água.

A quantidade de pontos e a frequência de coleta dependem de diversos fatores, incluindo a disponibilidade de embarcações. Geralmente se adota um "grid" retangular ou circular em torno do ponto onde se dará a descarga e coletam-se as amostras semanalmente.

Algumas determinações podem ser feitas no próprio campo, com equipamentos eletrônicos como o teor de oxigênio dissolvido. Outras determinações, a maior parte delas, são preservadas e transportadas para laboratórios especializados.

Para a coleta de amostras podem, por exemplo, ser seguidas as disposições estabelecidas pela Comissão Estadual (RJ) de Controle Ambiental, na Deliberação Ceca n.º 433 de 7-7-83, quando aplicáveis. Outras normas, internacionais, podem também ser empregadas.

Para o caso de disposição oceânica de esgotos sanitários deve-se coletar amostras para a determinação de, pelo menos, os seguintes parâmetros:

- oxigênio dissolvido;
- ortofosfato;
- nitratos;
- clorofila-a;
- material fluante;
- sólidos em suspensão;
- gorduras;
- pH;
- transparência (medida "in loco");
- colimetria (incluindo praias).

A coleta de amostras numa determinada estação e profundidade deve ser feita com amostradores projetados para coletar amostras a uma determinada profundidade e não de várias camadas da coluna d'água que ele eventualmente atravessasse, e de modo tal que a amostra não seja contaminada pelos mate-

riais que contaminam o interior da garrafa amostradora. Para satisfazer a ambas as exigências, a garrafa deve ser do tipo com escoamento através de seu interior, a ser feito com material inerte, como o plástico, sem contato da amostra com o metal.

A garrafa normalmente é presa a um cabo e guincho instalado no barco, fazendo-se as necessárias correções de profundidade para levar em conta o ângulo que o cabo faz com a vertical, quando a garrafa é baixada. Outra alternativa de coleta consiste em baixar-se uma mangueira até a profundidade desejada e, com o uso de uma bomba de deslocamento positivo, bombeá-la para dentro de frascos situados no marco.

Na elaboração das análises devem ser empregadas as técnicas descritas pela Ceca, ABNT, "Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater", e outros, tomando-se todas as precauções para evitar a contaminação das amostras.

Os resultados das análises obtidas devem ser apresentados em forma tabular e na forma de gráficos, com convenções diferentes para cada parâmetro.

A transparência da água deve ser determinada com o auxílio de discos de Secchi, que são mergulhados na água.

O disco de Secchi, branco ou com quadrantes pretos e brancos, é conectado a um cabo e a um dispositivo que o mantém sempre no plano horizontal. A profundidade de Secchi é a média entre a profundidade que o disco não é mais visto e a profundidade a que ele reaparece, quando é levantado a pequena distância do ponto em que foi baixado.

A leitura da transparência pode ser, rusticamente, correlacionada com vários parâmetros da coluna d'água, como a matéria em suspensão, orgânica e inorgânica, a clorofila, o coeficiente de atenuação para a luz etc.

6 Oceanografia geológica

6.1 Sísmica/justificativa

Os levantamentos sísmicos da faixa de implantação do emissário permitem que se determine o melhor alinhamento para a sua implantação, evitando-se zonas em que há presença de rocha ou materiais que, ao contrário, não suportem carga.

Servem, ainda, em conjunto com os resultados das sondagens na zona de arrebentação, para o dimensionamento das condições de fundação e/ou embasamento da tubulação do emissário,

enterrado na zona de arrebentação, bem como ao estudo e projeto das fundações das eventuais estruturas temporárias, como treliças, roletes etc. e definitivas.

A sísmica determina, ao longo da faixa de estudo, se existem bolsões de material que não suportam carga e/ou presença de rocha logo abaixo da camada superficial.

O método de reflexão sísmica baseia-se na emissão de impulsos sonoros de baixa frequência e na recepção de seus ecos refletidos no fundo subaquático e nos materiais abaixo existentes, que são registrados continuamente em papel eletrossensível.

Os sinais sonoros emitidos, ao passarem de um meio para outro, em função de diferentes impedâncias acústicas, serão refletidos e as sequências das reflexões entre o fundo e as interfaces determinarão as relações geométricas da estrutura do substrato geológico.

O registro resultante, sismograma, apresenta uma gama de tonalidades variando do branco para o preto, dependendo da corrente elétrica que passa pelo papel, de forma que, no sismograma distinguem-se as diferentes interfaces, o embasamento rochoso, a existência de blocos isolados e, aproximadamente, o grau de compactação dos sedimentos.

6.1.1 Procedimentos

A prospecção sísmica é feita em conjunção com a batimetria ou seja, em linhas paralelas e espaçadas de 50 m.

Para a obtenção dos registros sísmicos utiliza-se um equipamento denominado Boomer, composto de um registrador sísmico, uma fonte de disparos, um hidrofone e um filtro de seleção de frequências.

Pela interpretação dos sismogramas são feitas plantas indicando as profundidades dos horizontes refletivos registrados, que permitem um bom planejamento de execução de sondagens geotécnicas e projeto de assentamento do emissário.

6.2 Sondagens na zona de arrebentação

Os levantamentos sísmicos não podem ser realizados na zona de arrebentação devido à impossibilidade de a embarcação nela se situar.

Entretanto, nesta área em especial é necessário que se conheça a natureza do fundo, pois a tubulação do emissário é sempre enterrada, para protegê-la da ação das ondas, tornando necessária a realização de sondagens.

6.2.1 Procedimentos

Estas sondagens a percussão são executadas com o auxílio de um flutuante e cada furo deve ir até a profundidade em que se encontre rocha ou a, no mínimo, 10 m, caso não seja encontrada rocha.

Devem-se executar no mínimo, cinco furos de sondagens na zona de arrebenção, no entorno do alinhamento previsto para o emissário.

Os resultados dos furos de sondagens são apresentados na forma tradicional e, se possível, devem ser apresentados os perfis do leito da rocha, nas direções paralela e perpendicular à praia.

Antes da execução dos furos, deve ser feita, por mergulhadores, inspeção visual do fundo do mar, de modo a determinar o posicionamento dos furos mais convenientes.

Se devido às condições de mar na zona de arrebenção for impraticável a realização dos furos de sondagem, estes podem ser substituídos por "jet probe", com coleta de amostra. Neste caso, de utilização de "jet probe", deverão ser executados, no mínimo, dez furos.

6.3 Natureza do fundo — sedimentologia

Este estudo é imprescindível à análise e interpretação do subprograma de Bentos.

6.3.1 Sedimentologia

Uma vez no verão e outra no inverno, no mínimo, devem ser coletadas as amostras do sedimento, e de cada amostra retirar-se uma parcela de 50 g, a qual é seca em estufa a 80°C.

Cada amostra é então peneirada num vibrador elétrico através das seguintes peneiras: 1.000, 500, 250, 64 e 53.

Depois da passagem das frações retiradas em cada peneirada e da que passou pela última, são calculadas as suas porcentagens simples e acumuladas.

Estes valores acumulados serão plotados em escala semilogarítmica, obtendo-se, assim, curvas cumulativas similares à da figura 5.

Delas serão obtidas as medianas e os Q1 e Q3 (primeiros e terceiros quartéis). De posse destes três parâmetros, calculam-se o coeficiente de seleção e o grau de assimetria de Trask, podendo-se, desta forma, comparar as várias amostras entre si.

De cada amostra é calculado o teor de calcário pelo método de ácido clorídrico.

Categoria	Escala mm	Escala ϕ	Peso ϕ	Frequência	Frequência acumulada
Areia muito grossa	71,00				
Areia grossa	1,00-0,50				
Areia média	0,50-0,25				
Areia fina	0,25-0,126				
Areia muito fina	0,125-0,064				
Silte muito grosso	0,064-0,053				
Silte + argila	0,053				

O teor de matéria orgânica é calculado através da incineração a 80°C, sendo as porcentagens calculadas através das diferenças de peso, antes e após o processo.

A eventual presença de água com alta competência leva o sedimento de sua fração fina, elevando o valor da

sua mediana e reduzindo seu conteúdo orgânico.

6.3.2 Granulometria

Deve-se fazer a análise microscópica das amostras de sedimento para determinar a forma predominante dos seus grânulos.

Em seguida, determina-se a mediana para cada estação, classificando-se, em seguida, o material em areia grossa, média fina, em cada estação.

Determina-se ainda a assimetria das amostras (afastamento do diâmetro médio).

Como resultado das observações poderemos determinar e aproximadamente delimitar as regiões sedimentológicas da área estudada.

Para cada estação é feito um quadro do tipo mostrado adiante como exemplo.

7 Custos

Um programa de Investigações oceanográficas completo, com todas as atividades descritas nos subprogramas apresentados, com a duração ideal de um ano, custa entre US\$ 500 mil e US\$ 1 milhão, dependendo da sua localização, frequência de amostragens etc.

Evidentemente, tais estudos só se justificam para emissários submarinos de grande porte, servindo cidades costeiras de médio e grande portes.

Pode-se estimar que, no custo total da implantação de um emissário com diâmetro na faixa de 1 m a 1,5 m, cerca de 10% deste custo total correspondem aos estudos oceanográficos.

Referências

- 1 — GRACE, Robert A. — Marine Outfall Systems, Prentice-Hall, Inc, 1978.
- 2 — ALMEIDA, Sérgio A. S. — Estudos Oceanográficos para Emissários Submarinos, Seminário sobre Projetos de Sistemas de Disposição Submarina de Esgotos Sanitários, Feema - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, Rio de Janeiro, 1985.

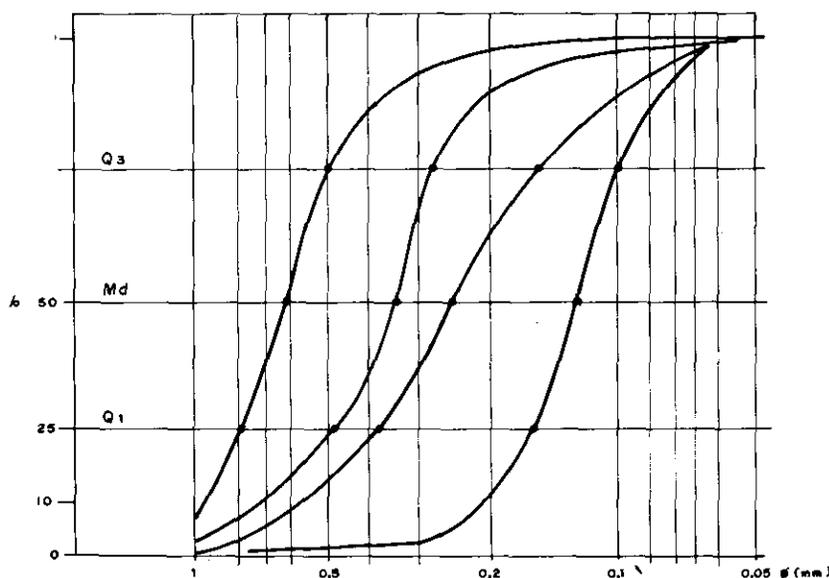


Figura 5