

## INSTRUMENTAÇÃO OCEANOGRÁFICA

De um modo geral, cada área de pesquisa científica emprega instrumentos de medida e outros equipamentos que são específicos para o tipo de trabalho desenvolvido dentro daquela área. Não fugindo a esta regra geral, a Oceanografia dispõe de um vasto conjunto de equipamentos especiais, próprios para a coleta de informações sobre o ambiente marinho.

O ambiente marinho apresenta características bastante peculiares, que influenciam marcadamente diversos aspectos da concepção dos equipamentos oceanográficos:

- **pressão externa elevada** – equipamentos que operam submersos devem suportar grandes pressões externas, uma vez que a pressão na coluna d'água aumenta de 1 atm a cada 10 m de profundidade;
- **ambiente quimicamente ativo** – a água do mar é bastante ativa quimicamente, podendo acarretar rápida corrosão de componentes dos equipamentos. Para minimizar os efeitos do ambiente, usualmente equipamentos oceanográficos recebem revestimentos especiais ou são construídos em materiais especiais, aço inoxidável, vidro ou materiais sintéticos;
- **rápida incrustação por organismos vivos** – equipamentos que operam na superfície ou próximo a ela estão sujeitos a incrustação por organismos vivos (algas, moluscos, etc). Esta incrustação pode causar modificação nas dimensões dos equipamentos (acarretando um aumento do arrasto hidrodinâmico do equipamento, por exemplo) ou prejudicando a movimentação de partes móveis (como hélices ou lemes);
- **agitação constante** – devido à ação de ondas e vento, equipamentos que operam na superfície ou próximo a ela estão sujeitos a permanente agitação. Assim, componentes mecânicos podem apresentar problemas decorrentes de fadiga do material, enquanto componentes elétricos podem apresentar mau-contato decorrente de deslocamento de peças.

### Embarcações oceanográficas

Muitos oceanógrafos consideram que o instrumento oceanográfico por excelência é a **embarcação oceanográfica** (seja ela uma lancha, um pequeno barco ou um navio). Através do uso de uma embarcação apropriada, o pesquisador consegue realizar trabalhos fora da área imediatamente contígua à costa, de forma eficiente e segura. De um modo geral, embarcações oceanográficas oferecem um ou mais dos seguintes recursos (vide Fig. 1):

- infra-estrutura para operação dos diversos equipamentos de pesquisa, como disponibilidade de geradores elétricos ou guinchos para movimentação, lançamento e recuperação de equipamentos;
- plataforma para instalação de equipamentos de medida, como medidores de temperatura da superfície ou sensores meteorológicos;
- laboratórios e compartimentos para armazenamento de equipamentos e amostras;
- alojamento para tripulação e equipe de pesquisa.

É importante enfatizar que uma embarcação oceanográfica é um equipamento de alto custo e de operação bastante dispendiosa. Como exemplo, o preço de um navio oceanográfico

de porte médio (50 m de comprimento) é superior a 20 milhões de reais, enquanto seu custo de operação é superior a 5 mil reais por dia.

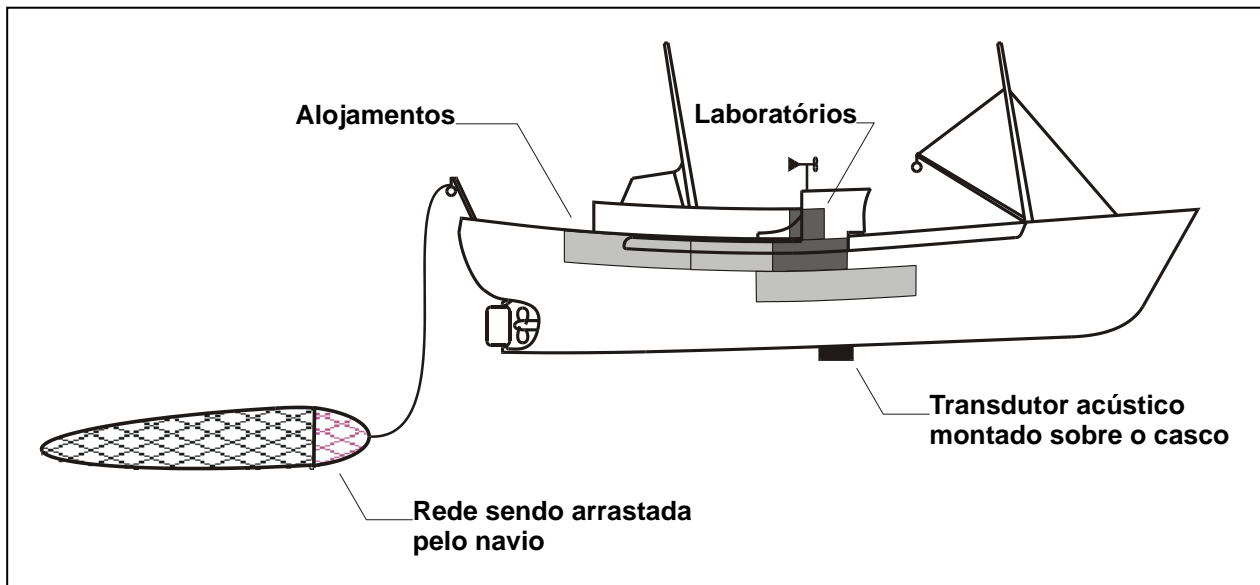


Fig. 1 - Recursos oferecidos por um navio oceanográfico

### Classes de equipamentos oceanográficos

Os equipamentos oceanográficos, de uma maneira bastante simplista, podem ser classificados em:

- **equipamentos de coleta de amostras** – permitem ao pesquisador obter amostras de sedimento do fundo, de água ou de organismos vivos que se encontrem na coluna d'água, sobre o fundo ou enterrados no sedimento do fundo

**equipamentos de medição "in situ"** – têm a função de medir diretamente os parâmetros da água do mar de interesse para o pesquisador, podendo apresentar instantaneamente os resultados das medições ou armazená-los para posterior recuperação.

- **equipamentos de medição remota** (ou sensoriamento remoto) – permitem a medição à distância de parâmetros do ambiente marinho ou a detecção remota de objetos submersos. Existem duas subclasses principais de equipamentos oceanográficos de medição remota:

- . sistemas acústicos, como sonares, eco-sondas ou perfiladores acústicos de corrente
- . sistemas que empregam radiação eletromagnética, como radares ou radiômetros, instalados em aeronaves ou satélites artificiais.

## A – Equipamentos de coleta de amostras

Em função do tipo de material a ser coletado (organismos vivos, amostra de sedimento ou amostra d'água) e do local de amostragem (camada próxima à superfície, interior da coluna d'água ou fundo), diferentes equipamentos de coleta são utilizados.

### - amostradores de fundo

Para a coleta de amostra de material do fundo, visando estudos biológicos ou geológicos, os equipamentos mais comumente utilizados são os pegadores de fundo e as dragas. Entretanto, estudos específicos podem utilizar equipamentos mais especializados, como “box corers” (amostradores que permitem a coleta de sedimento com perturbação mínima) ou testemunhadores geológicos (permitem a coleta de amostras de sedimento vários metros abaixo da superfície do fundo).

**dragas** – redes reforçadas ou estruturas metálicas que são arrastadas sobre o fundo, coletando organismos vivos ou material mineral que se encontra sobre o fundo ou na camada mais superficial do fundo (primeiros 20-30 cm do fundo) – vide Fig. 2

**pegadores de fundo** – sistemas mecânicos que permitem a coleta de volumes predeterminados de sedimento do fundo, com pequena perturbação – vide Fig. 3

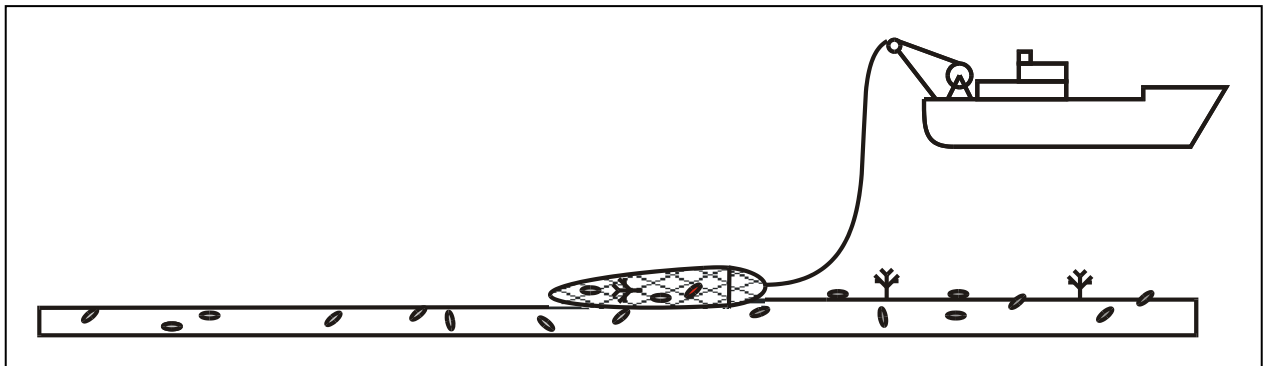


Fig. 2 – Operação de uma draga

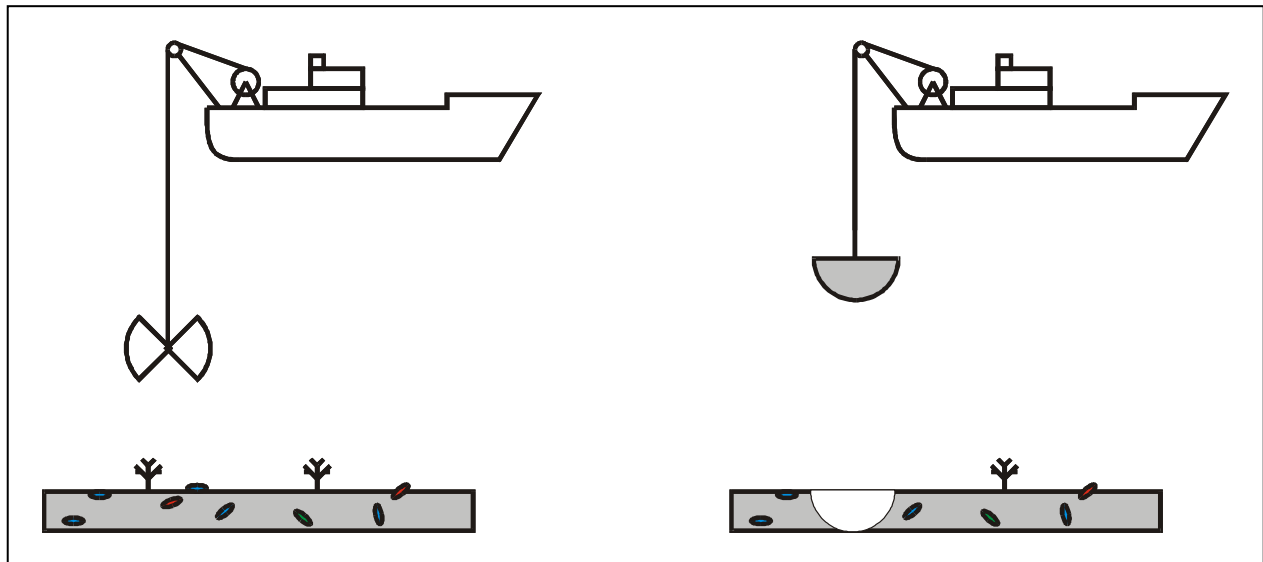


Fig. 3 - Operação de um pegador de fundo

#### - amostradores de meia-água

Para a coleta de amostras no interior da coluna d'água, os equipamentos mais frequentemente utilizados são as redes (amostragem de organismos vivos) e as garrafas de coleta d'água (coleta de determinado volume de água para posterior análise biológica, física ou química).

Em oceanografia é utilizada uma enorme variedade de **redes**, específicas para diferentes tipos de trabalhos de pesquisa; assim, são utilizadas desde redes com malhagem muito fina, da ordem de algumas dezenas de micrômetros (para coleta de organismos unicelulares), até redes com malhagem de alguns centímetros (para coleta de peixes adultos). Também, existem diversas formas de execução da operação de amostragem; assim, determinadas redes são projetadas para arrasto vertical, com o navio parado (visando a coleta dos organismos que se encontram em uma faixa relativamente ampla da coluna d'água, num determinado local), enquanto outras são próprias para arrasto horizontal, com o navio em movimento (viabilizando a coleta de organismos que se encontram em um estrato limitado da coluna d'água, em uma área mais ampla que no caso das redes de arrasto vertical). Finalmente, alguns equipamentos modernos de amostragem incorporam sistemas mecânicos ou eletro-eletrônicos de operação, que permitem a abertura e fechamento da rede (ou de várias redes, em sistemas mais sofisticados) de uma forma controlada pelo operador, o que permite um refinamento do processo de amostragem.

Para a coleta de amostras de água, são usualmente utilizadas **garrafas de amostragem**. Estas garrafas são recipientes rígidos, usualmente metálicos ou de material sintético, que são descidos na coluna d'água abertos; uma vez posicionados na profundidade de amostragem, estes recipientes são fechados, por um processo mecânico ou elétrico; os mesmos são então trazidos para a superfície, onde as amostras coletadas são recolhidas e

armazenadas. Posteriormente estas amostras são processadas em laboratório (exemplos de processamento são filtragem para coleta de material em suspensão na água e análise química para determinação das concentrações de determinadas substâncias dissolvidas na água). Uma garrafa de amostragem extensivamente utilizada em levantamentos oceanográficos, até alguns anos atrás, é a Garrafa de Nansen; com volume de cerca de 2 litros, esta garrafa metálica possui um mecanismo de fechamento que é atuado por um pequeno peso lançado da superfície. As garrafas mais utilizadas na atualidade são construídas em material sintético, havendo modelos próprios para coleta desde pequenos volumes de água (cerca de 1 litro) até volumes bastante grandes (superior a 10 litros).

## **B – Equipamentos de medição “in situ”**

Um número muito grande de características do ambiente marinho é de interesse para pesquisadores na área de oceanografia. Assim, foram desenvolvidos inúmeros equipamentos para a medição direta destas características. No passado, a maior parte destes equipamentos era mecânica (como termômetros de mercúrio ou medidores de corrente mecânicos), mas na atualidade, entretanto, a quase totalidade dos equipamentos se baseia em sub-sistemas eletrônicos.

Os equipamentos de medição “in situ” podem ter duas formas distintas de operação: os valores medidos podem ser apresentados instantaneamente ao operador (instrumentos de leitura direta) ou os valores medidos podem ser armazenados internamente ao instrumento, sendo recuperados a posteriori (instrumentos de registro interno).

A seguir, apresenta-se alguns dos parâmetros oceanográficos mais importantes, bem como alguns dos respectivos equipamentos de medição.

### **- temperatura e salinidade**

A temperatura e a salinidade da água do mar variam em uma faixa bastante ampla. Por exemplo, a temperatura pode variar de cerca de 30 °C na superfície até próximo a 0 °C em grandes profundidades.

Temperatura e salinidade são grandezas independentes, que podem ser medidas por instrumentos distintos. No passado, a temperatura da água do mar era usualmente medida por termômetros especiais (termômetros de reversão), enquanto a salinidade era determinada em laboratório, através da análise química de amostras coletadas previamente. Na atualidade, entretanto, são disponíveis diversos equipamentos que permitem a medição simultânea de temperatura e salinidade.

Um dos equipamentos modernos extensivamente utilizados para medição destes dois parâmetros é o **CTD** (perfilador de condutividade, temperatura e pressão). Este é um equipamento de alta precisão, que permite a medição contínua da temperatura, salinidade e pressão desde a superfície até o fundo. Alguns CTDs permitem também o acoplamento de sensores adicionais, viabilizando a medição de outros parâmetros, como teor de oxigênio dissolvido na água ou transparência da água.

- **corrente marinha**

Corrente marinha pode ser definida como a movimentação de grandes volumes de água no interior do oceanos. Existem duas concepções básicas para equipamentos de medição "in situ" de correntes, **correntógrafos** (vide Fig. 4): os equipamentos permanecem fixos, medindo a velocidade da água que passa por eles ou os equipamentos são deixados à deriva, sendo transportados pela corrente; neste segundo tipo de equipamento, a velocidade da corrente é determinada através da medição da posição do instrumento em instantes sucessivos.

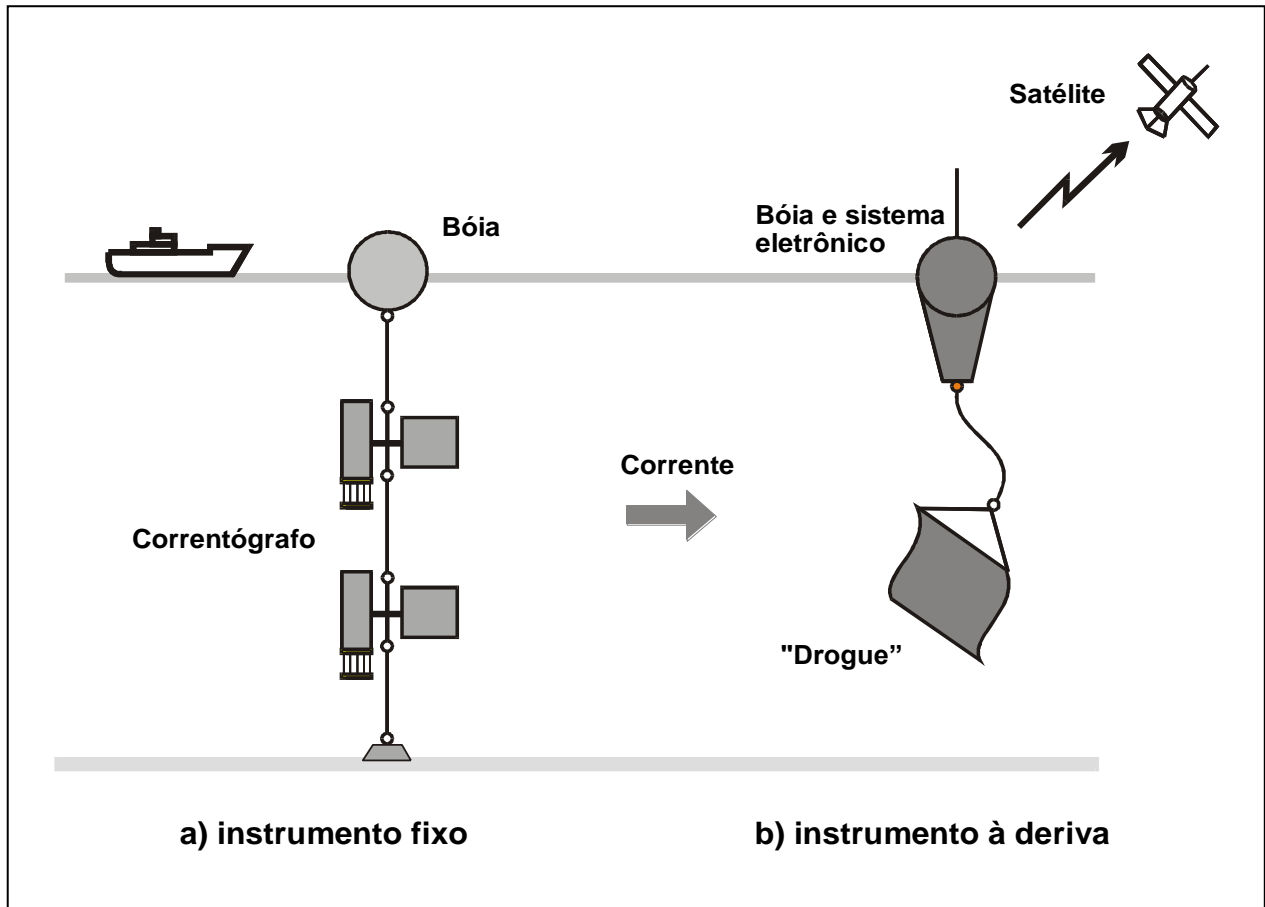


Fig. 4 –As duas concepções de medidores de corrente

Os modernos correntógrafos fixos podem empregar como elementos sensores da intensidade da velocidade hélices, rotores, sensores eletromagnéticos ou sensores acústicos; para a medição da direção da velocidade, são usualmente utilizadas bússolas eletrônicas.

Correntógrafos à deriva podem ser projetados para permanecerem flutuando na superfície, permitindo a medição de correntes nas camadas mais superficiais da coluna d'água, ou para se deslocarem no interior da coluna d'água, viabilizando a medição de correntes profundas. Em ambos os casos, um elemento central do processo de medição de corrente é a existência de um procedimento preciso para medição da posição do instrumento; para

equipamentos na superfície, o posicionamento pode ser efetuado por rádio, radar ou sistemas baseados em satélites; para equipamentos que se deslocam em profundidade, o posicionamento é usualmente efetuado por sistemas acústicos.

- **maré**

Maré pode ser definida como a variação periódica (com período de cerca de 12 horas) do nível da superfície do mar. Existem diversos tipos de medidores de marés, **marégrafos**, tanto para instalação acima da superfície do mar quanto para instalação no fundo

Um dos tipos de marégrafos mais comumente utilizado é o marégrafo de bóia e contrapeso (vide Fig. 5). Neste equipamento, a maré acarreta o deslocamento vertical de uma bóia que flutua na superfície da água; este deslocamento causa a rotação de uma polia, que é registrada por um sistema mecânico ou eletrônico.

Os marégrafos de fundo mais frequentemente utilizados baseiam-se na medição da pressão hidrostática no fundo. A variação da altura da coluna d'água no local de medição, decorrente da maré, implica em uma variação da pressão no fundo, que é medida pelos sensores de pressão do marégrafo.

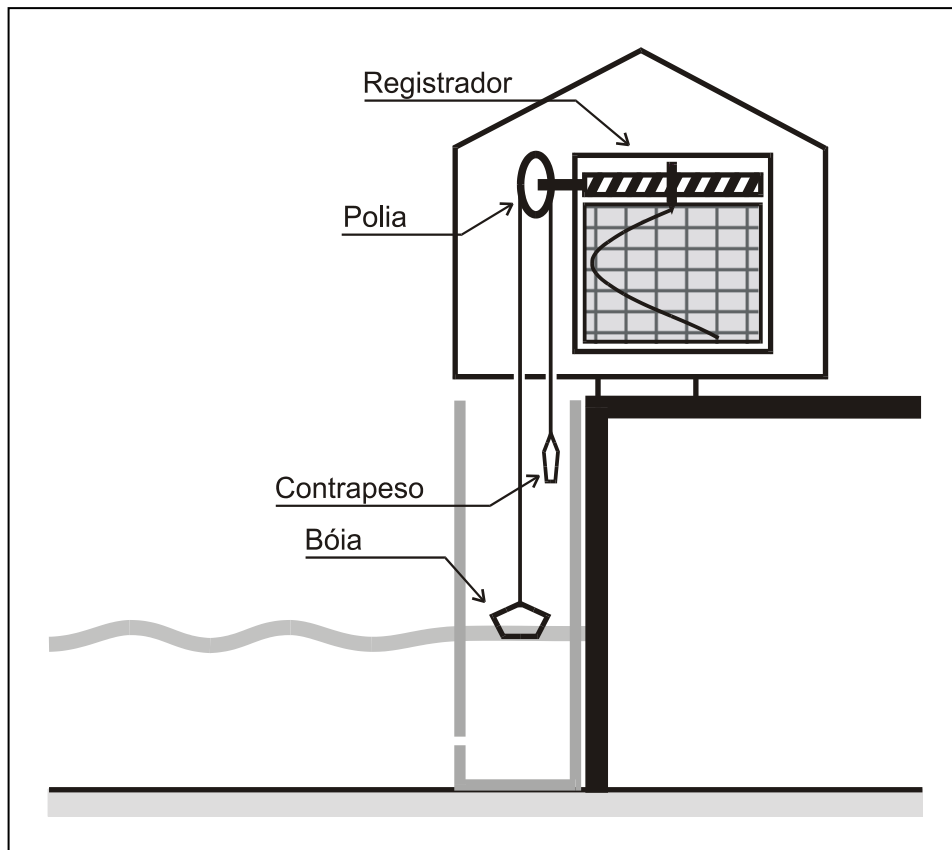


Fig. 5 – Marégrafo de bóia e contrapeso

## C – Equipamentos de medição remota

Um pressuposto básico da operação dos equipamentos de medição “in situ” é que, durante o processo de medição, o instrumento encontra-se exatamente no local de medição. Os instrumentos de medição remota, ao contrário, têm características que viabilizam a realização de alguns tipos de medição à distância. No caso de sensoriamento remoto por satélite, por exemplo, a distância entre o instrumento e o ponto de medição pode ser de algumas centenas de quilômetros.

Para utilização em oceanografia, dependendo do tipo de medição a ser efetuada, os equipamentos de medição remota podem ser baseados em sistemas acústicos ou em sistemas que empregam radiação eletromagnética.

### - sistemas acústicos

Sistemas acústicos de medição remota são amplamente utilizados em oceanografia para detecção e posicionamento de objetos submersos. Exemplos de tais sistemas são eco-sondas e sonares.

O princípio de operação de um sistema acústico típico é apresentado na Fig. 6.

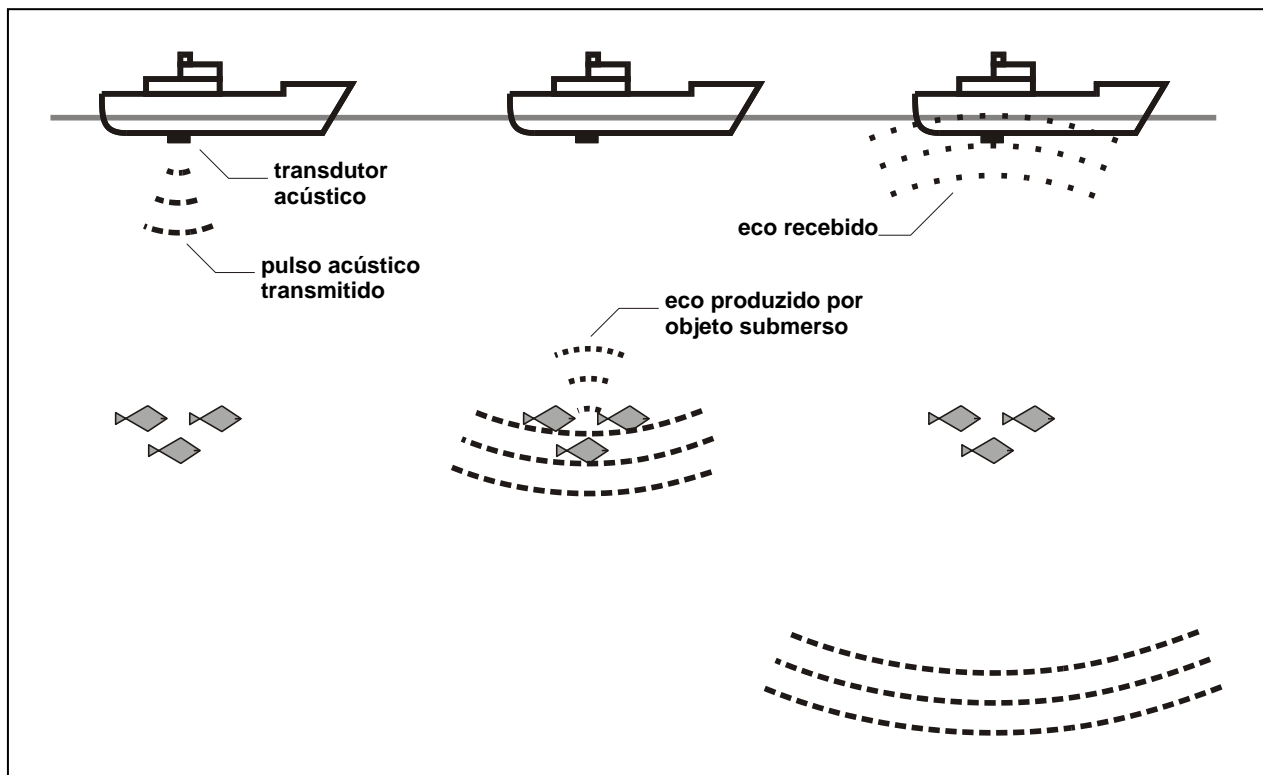


Fig. 6 – Princípio de operação de um eco-sonda



- . um pulso sonoro é gerado pelo equipamento, sendo transmitido à água por um transdutor acústico;
- . este pulso se propaga pela água, até atingir algum corpo submerso (cardume de peixes, fundo, etc); este objeto reflete parcialmente o pulso acústico, dando origem a um eco;
- . o eco também se propaga pela água, mas em sentido inverso ao pulso original;
- . o eco atinge o transdutor acústico; sendo então recebido e processado pelo equipamento.

Algumas aplicações de sistemas acústicos em oceanografia são: determinação da profundidade, levantamento do relevo do fundo, identificação da estrutura geológica da camada de sedimento abaixo do fundo, detecção de cardumes de peixes, posicionamento de equipamentos submersos (como veículos submarinos ou bóias de deriva), entre outros.

#### - **sistemas que empregam radiação eletromagnética**

Equipamentos especiais instalados a bordo de aeronaves e de satélites artificiais podem monitorar a radiação eletromagnética proveniente da superfície dos oceanos, permitindo a obtenção de dados relativos a características da região da atmosfera próxima à superfície e da camada mais superior da coluna d'água. No caso de pesquisa oceanográfica, as faixas de frequência da radiação eletromagnética de maior interesse são a da luz visível, do infravermelho (radiação termal e de microondas (no caso de radares).

Dentre outras informações, estes sistemas permitem medir-se os seguintes parâmetros:

- . temperatura da superfície
- . cor da superfície (permitindo estimar a concentração de material em suspensão na água ou a presença de fitoplâncton na camada superficial do oceano, por exemplo)
- . vento próximo à superfície
- . onda
- . maré
- . corrente marinha

Estes equipamentos podem apresentar algumas características de grande interesse para pesquisadores na área de oceanografia, como: medição em grandes áreas num intervalo de tempo pequeno e possibilidade de repetição das medidas a intervalos predeterminados (no caso de satélites). Por outro lado, existem alguns aspectos problemáticos relativos a estes equipamentos, como: alto custo de construção e operação dos equipamentos (especialmente no caso de satélites), medições influenciadas pelas condições atmosféricas do local de medição e impossibilidade de monitoração de qualquer local a qualquer instante, no caso de satélites (o local e instante de medição é determinado pela posição do satélite em sua órbita).

Diversos tipos de sensores podem ser empregados nestes equipamentos. Estes sensores podem ser passivos, apenas recebendo a radiação eletromagnética emitida ou refletida pela superfície, ou ativos, emitindo radiação e recebendo a radiação refletida ou espalhada pela superfície. A Fig. 7 ilustra esquematicamente a operação de alguns tipos de sensores.

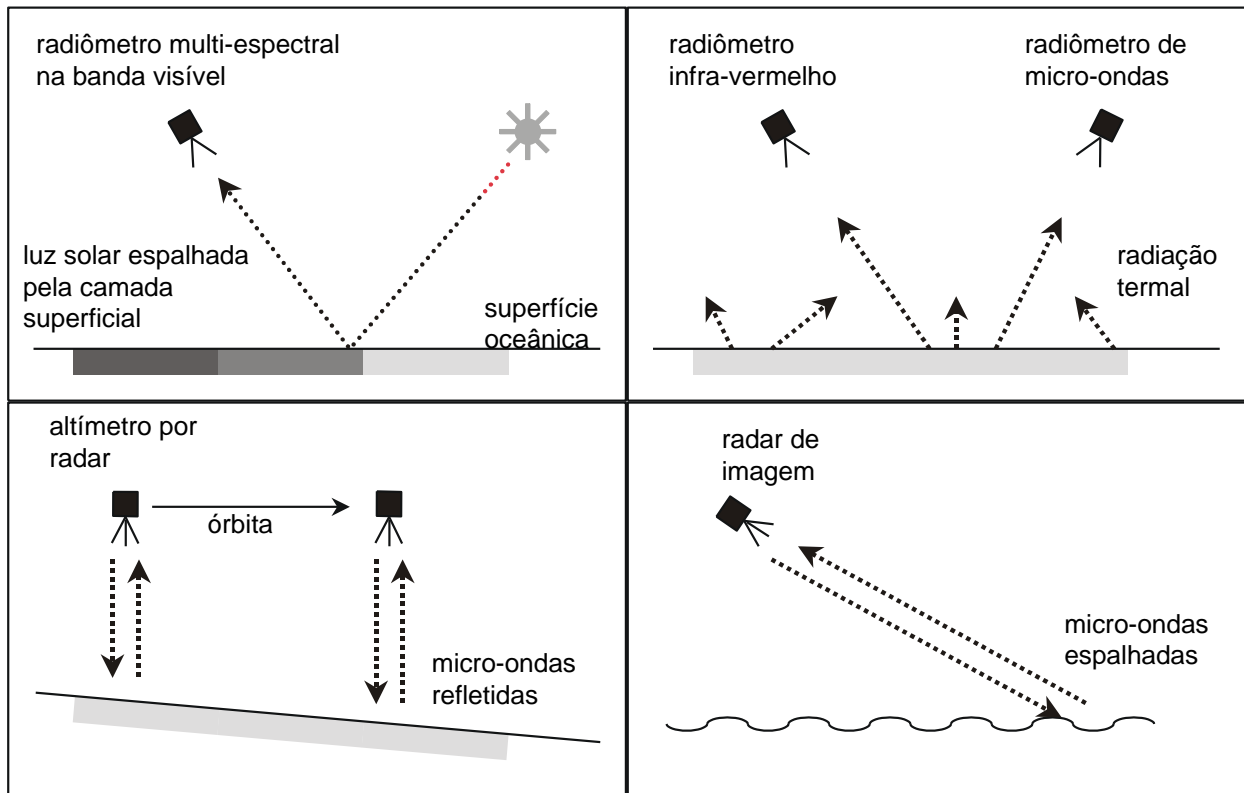


Fig. 7 – Princípio de operação de alguns dos sensores utilizados em sistemas de sensoriamento remoto

AUTOR: LUIZ VIANNA NONNATO

LIO / IOUSP