

**MARINHA DO BRASIL**  
**OTÁVIO HENRIQUE DA SILVA ALTINI**

**SISTEMA ACÚSTICO DE POSICIONAMENTO**  
**UMA ABORDAGEM PRÁTICA**

Monografia apresentada como exigência para curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Náutica - APNT, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador (a): Professor Paulo Roberto Valgas Lobo

**RIO DE JANEIRO-RJ**

**2013**

**OTÁVIO HENRIQUE DA SILVA ALTINI**

**SISTEMA ACÚSTICO DE POSICIONAMENTO  
UMA ABORDAGEM PRÁTICA**

Monografia apresentada como parte dos requisitos para a conclusão Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Náutica - APNT, ministrado no Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

**Orientador: Professor Paulo Roberto Valgas Lobo**

Banca Examinadora (apresentação oral):

---

Prof. (nome, titulação e instituição)

---

Prof. (nome, titulação e instituição)

---

Prof. (nome, titulação e instituição)

Nota: \_\_\_\_\_

Nota Final: \_\_\_\_\_

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho, primeiramente a Deus que sempre esteve comigo me dando saúde, forças e sabedoria. À minha esposa e família que sempre me deu incentivo em minha vida profissional. Ao meu orientador que me guiou para eu obtivesse sucesso no resultado desse trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela grande força, e sabedoria que adquiri em todos esses anos de mar.

À minha família e, especialmente à minha esposa, pelo imenso apoio e carinho e meus pais que sempre se dedicaram para minha formação.

À todos os mestres que dispuseram tempo de suas vidas e contribuíram para a conclusão desse curso tão importante para mim.

"O importante da educação não é apenas formar um mercado de trabalho, mas formar uma nação, com gente capaz de pensar".

José Arthur Giannotti

ALTINI, Otávio Henrique da Silva. **SISTEMA ACÚSTICO DE POSICIONAMENTO: UMA ABORDAGEM PRÁTICA**. 45 fls. Monografia de Conclusão do Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Náutica – APNT. Rio de Janeiro, 2013

## **RESUMO**

O objetivo do trabalho é apresentar as novas tecnologias referentes aos Sistemas de Referência Acústica de Posicionamento Dinâmico nas operações offshore. Após um breve histórico sobre as operações de posicionamento dinâmico(DP) no offshore e o desenvolvimento do sistema Acústico como um componente importante do sistema de referência, será apresentado os diferentes tipos de sistemas utilizados, suas frequências e limitações, apresentando as vantagens e desvantagens de cada um.

Não obstante, será demonstrado a importância da redundância tanto dos sensores como dos componentes integrantes do sistema para aumentar sua confiabilidade.

Será abordado também, os tipos de sistemas acústicos e as consequências das interferências e ruídos ambientais que podem acontecer, afetando a qualidade do sinal acústico e as maneiras de reduzi-las.

Por fim, embora esses sistemas e componentes existam para prover uma posição confiável, um maior entendimento do sistema pelos DPO's durante a operação do equipamento é importante para aproveitarmos a maior capacidade operacional possível do sistema.

**Palavras-chave:** Posicionamento Dinâmico; Sistema de Referência Acústico de Posicionamento

## **ABSTRACT**

The objective of this project is to present the new technologies related to the Reference Systems Acoustics Dynamic Positioning operations offshore. After a brief history of the operations of dynamic positioning (DP) offshore Acoustic and system development as an important component of the reference system, it will be presented the different types of acoustics systems used nowadays, their frequency and limitations, the advantages and disadvantages of each one.

Not least important, it will be shown the importance of both redundancy sensor and components of the system to increase its reliability.

It will be also addressed the types acoustic systems and consequence of interference and noises that can happen and affecting quality in acoustic signal and how to handle with it in order to reduce them.

Finally, although these components and systems exist to provide a reliable position, a greater understanding of the DPO's during operation of the equipment is important to use as much as is possible all operational capacity of the system.

**Key-words:** Dynamic Positioning, Hydroacoustic Positioning Reference System

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

Db	Decibéis, unidade de intensidade sonora
DGNSS	Differential Global Navigation Satellite System
DP	Dynamic Positioning
EHF	Extra High Frequency
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
GPS	Global Positioning System
HF	High Frequency
HPR	Hydroacoustic Positioning Reference
Hz	Hertz, unidade de frequência
IMCA	International Marine Contractors Association
IMO	International Maritime Organization
LBL	Long Baseline
LF	Low Frequency
MF	Medium Frequency
SBL	Short Baseline
SSBL	Super Short Baseline
UPS	Uninterruptable Power System
USBL	Ultra Short Baseline
VHF	Very High Frequency



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Classes de Sistemas Acústicos	18
<b>Figura 2</b> - Sistemas Combinados LSBL	20
<b>Figura 3</b> - Sistemas Combinados LUSBL	20
<b>Figura 4</b> - Sistemas Multi-User	20
<b>Figura 5</b> - Visão geral dos Componentes do sistemas acústicos	22
<b>Figura 6</b> – Redundância dos equipamentos	28
<b>Figura 7</b> – Desvio Padrão do Sistema Acústico com e sem INS	31
<b>Figura 8</b> – Esquema de Interferências Acústicas	32
<b>Figura 9</b> – Cavitação gerada pelo Hélice	34
<b>Figura 10</b> – Fluxo de água através do costado	35
<b>Figura 11</b> – Fluxo de água através do propulsor	35
<b>Figura 12</b> – Interferência Intra-sistemas	37
<b>Figura 13</b> – Interferências Inter-sistemas	37

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Relação entre Frequência x Alcance	25
<b>Figura 2</b> - Relação entre Frequência x Acurácia	27

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>1. HISTÓRICO</b>	<b>14</b>
1.1 Histórico do desenvolvimento do Posicionamento Dinâmico no mundo	14
1.2 Desenvolvimento dos Sistemas Acústicos como referência no sistema DP	16
<b>2 DEFINIÇÕES DOS SISTEMAS ACÚSTICOS</b>	<b>18</b>
2.1 Classes de Sistemas Acústicos	18
2.2 Vantagens e desvantagens de Cada Classe	21
2.3 Componentes e Sensores Integrantes do Sistema Acústico	22
2.4 Frequências Utilizadas	24
<b>3 REDUNDÂNCIA DO SISTEMA ACÚSTICO</b>	<b>27</b>
3.1 Importância e aplicações da Redundância no Sistema DP	27
3.2 Redundância de sistemas	27
3.3 Redundância de sensores	29
3.4 Redundância de transponders	29
3.5 Conceitos básicos de Navegação Inercial integrado com o HPR	30
<b>4 INTERFERÊNCIA E RUÍDOS AMBIENTAIS</b>	<b>32</b>
4.1 Ruídos ambientais	32
4.2 Ruídos próprios	33
4.3 Reverberação	35
4.4 Multi-Path	36
4.5 Interferências Acústicas	36
4.6 Impactos no DP	38
4.7 Maneiras de reduzir as interferências e ruídos	38
<b>5 APLICAÇÕES MAIS COMUNS DO HPR</b>	<b>40</b>
5.1 Posicionamento Dinâmico	40
5.2 Monitoramento do BOP e Risers	40
5.3 Operação com ROV	41
5.4 Construção e instalação de estruturas submarinas	41
5.5 Lançamento de dutos rígidos e flexíveis	41
5.5 Operação de Perfuração	42
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>44</b>

## INTRODUÇÃO

Os primeiros sistemas de posicionamento dinâmico começaram a serem desenvolvidos em meados da década de 60, quando a busca por petróleo iniciou sua migração para o mar e as operações offshore indo em direção à lâminas d'água cada vez maiores e as embarcações ficando expostas por longos períodos de tempo próximas umas das outras.

Um dos componentes que vem evoluindo constantemente, pela sua importância nas operações tanto como sistema de referência principal quanto como backup de posição, em casos de plataformas de perfuração, embarcações de Construção, Lançamento de Linhas e ROV é o sistema de referência acústico de posicionamento, também conhecido pela sigla em inglês HPR (Hydroacoustic Positioning Reference).

O Capítulo 1 apresenta um breve histórico sobre o desenvolvimento das operações na indústria offshore e como essas operações exigiram uma mudança no conceito dos projetos das embarcações com o advento do sistema de Posicionamento Dinâmico(DP). Passaremos pela evolução dos sistemas de referência utilizados no DP e o aparecimento do sistema de referência acústico de posicionamento.

No Capítulo 2 será apresentada as classes de HPR, juntamente com a apresentação dos componentes e sensores integrantes.

Com a complexidade das operações elevando cada vez mais os riscos inerentes a esses tipos de operações, demonstra-se no Capítulo 3 a importância de manter-se, durante toda a operação a redundância no sistema acústico.

Juntamente com o desenvolvimento dos equipamentos, o desafio da indústria em projetar sistemas que consigam reduzir de maneira mais eficiente as interferências no sistema e ruídos ambientais tem se mostrados extremamente relevantes. Porém, vários tipos de sistema terão diferentes qualidades para efetuar a supressão dessas interferências. Portanto, será abordado no capítulo 4 os tipos de interferências e ruídos ambientais mais comuns na prática das operações, os impactos e as consequências para o DP e demonstrado que, um bom conhecimento dos sistemas envolvidos, bem como o planejamento para operações offshore pode ser minimizá-las.

Pretende-se concluir que o avanço do HPR e seus componentes são necessários e estão, atualmente, em constante desenvolvimento pelos fabricantes para oferecer melhores soluções para os operadores, de acordo com cada tipo de operações. Operações em águas cada vez mais profundas, produz desafios proporcionalmente maiores no que tange à redução das interferências e ruídos ambientais. Contudo, mesmo com todo o desenvolvimento do equipamento, a importância de garantirmos o completo e claro entendimento de todas as fases da operação pelos DPO a fim de

podermos extrair ao máximo todas as qualidades do HPR ainda é parte primordial para manter-se a segurança das operações DP.

# 1 HISTÓRICO

## 1.1 Histórico do desenvolvimento do Posicionamento Dinâmico no mundo

Conforme o movimento de procura do petróleo se dirigiu para águas profundas, verificou-se a necessidade de desenvolver sistemas mais eficientes e economicamente viáveis para manter plataformas de perfuração e produção, embarcações de apoio e construção numa posição mais precisa e segura.

A utilização do posicionamento dinâmico em embarcações offshore iniciou-se no início dos anos 60. A sonda de perfuração “Cuss 1” era equipada com propulsores de passo variável e instalado com o DP, projeto da Mohole, de 1961. O sistema rudimentar mantinha posição manualmente, através de um joystick, e tinha com referência de distância transponders acústicos instalados próximo ao poço e um radar marcando a distância de boias que foram instaladas ao redor do poço, com precisão de cerca de 180 metros em uma lâmina d’água de 3500 metros. (SEAN. 2009)

No mesmo ano, a Shell lançou a sonda “Eureka”, em 1961 e logo após “Caldrill”, em 1964. Essas foram as primeiras sondas que utilizaram realmente um sistema de posicionamento dinâmico propriamente dito, com 3 controllers analógicos conjugado com o sistema Taut Wire. (Overdam / Philips. 2009)

Ao longo da década de 60, observa-se uma carência muito grande principalmente de confiabilidade e redundância do sistema utilizado naquele período. A partir de 1970, pode-se dizer que o DP começou realmente a ser desenvolvido, com muitas empresas se interessando em desenvolvê-lo.

Com o mercado offshore aquecido no Mediterrâneo e Mar do Norte, depois da metade da década de 1970, apareceram três fabricantes principais, Honeywell, GEC e a Kongsberg, sendo que, a Honeywell e Kongsberg foram os que obtiveram mais sucesso no desenvolvimento desse sistema.

Inicialmente, o maior interesse na utilização dessa nova tecnologia foi a indústria de mergulho, que pressionavam a indústria marítima a desenvolver sistemas mais confiáveis e estáveis. Havia instalado apenas controle análogo do DP, sem UPS (Uninterruptable Power System), com apenas um sistema de referência de posição e sistema de thrusters e geração de energia para uso em operação com mar calmo e bom tempo. Bastava apenas uma pequena piora nas condições de mar para que se parasse as operações devido ao estresse dos motores e geradores de energia. Fica claro que não havia redundância no sistema, visto que a prioridade principal não era a manutenção da posição e sim o resgate dos mergulhadores em caso de emergências. Deste modo devido à falta de

redundância, apenas uma pequena falha de qualquer variável era suficiente para que houvesse a perda de posição.

Os problemas causados pelo sistema DP preocupavam, mas não o suficiente para que fosse considerado “totalmente inseguro”. As razões disso era que, independentemente de qualquer falha que houvesse, a equipe de passagem rapidamente passava o controle da embarcação para manual e mantinham a posição como era feito antes do aparecimento do DP.

Não obstante, conforme obtinham o feedback dos operadores, os fornecedores se sentiram pressionados para resolverem o problema e começarem a desenvolver um sistema DP com redundância.

Com isso, começou-se a desenvolver um nível de redundância para vários componentes integrantes do sistema, como um segundo console de comando do DP, implementação do sistema de UPS (Uninterruptible Power System), que tem como função primária prover por um tempo pré-determinado energia para o sistema DP em caso de blackout e os sistemas DP começaram a aceitar 2 sistemas de referência de posicionamento.

No final dos anos 70 e início dos 80, com o desenvolvimento tecnológico já em estágio avançado, fez-se necessário a elaboração de algumas regras ou recomendações para os fabricantes e operadores dos sistemas DP. Para isso, a antiga AODC (International Association of Offshore Diving Contractors), atualmente IMCA (International Marine Contractors Association) desenvolveu e publicou essas diretrizes já em 1983, na Inglaterra. (IMCA 2009)

A partir dos anos 90, a criação do DPVOA (Dynamically Positioned Vessel Owners Association), órgão do IMCA, foi um passo fundamental para o verdadeiro avanço no desenvolvimento do sistema DP. A DPVOA iniciou seus primeiros projetos com a coletânea de informações e experiências obtidas, ao longo principalmente da última década, pelas embarcações. O principal, foi a coletânea de dados sobre os “DP Incidents”, que tinham como objetivo registrar quaisquer incidentes que haviam acontecido com navios dotados com o sistema DP ou outro tipo de unidade, e criando um relatório periódico para ser distribuído para a comunidade DP.

Após a elaboração das publicações pela DPVOA, a IMO também publicou, em julho de 1994, a IMO MSC Circular 645. Essa Circular estabeleceu um padrão internacional para sistemas de posicionamento dinâmico em todos os tipos de embarcações construídas após essa data. Seus principais objetivos eram de recomendar critérios de projeto, equipamentos operacionais, elaboração do DP FMEA e a criação do teste chamado de “DP Trial”. Dessa maneira, um navio que se destina a ser equipado com um sistema de posicionamento dinâmico deve cumprir as regulamentações contidas na IMO MSC Circular 645. (GIDDINGS 2008)

Como pode-se ver, desde 1996 até os dias de hoje, foram publicados inúmeros documentos com orientações produzidos pela IMCA e IMO formando uma verdadeira enciclopédia de DP e experiências relacionadas a esse tema.

Com a evolução dos sistemas de navegação atualmente em um patamar relativamente estável, os controle e sistemas de propulsão cada vez mais eficiente aumentando a confiabilidade pode levar a acreditar que o DP parece mais fácil de se operar e exige menos conhecimento do pessoal envolvido nas operações do que realmente o é. Mas como acontece com qualquer tecnologia, para ser capaz de usá-lo com segurança e eficácia, é preciso entendê-la profundamente, juntamente com suas limitações.

## **1.2 Desenvolvimento dos Sistemas Acústicos como Referência no Sistema DP**

O primeiro registro do uso de um sistemas de posicionamento acústicos envolveu a perda do submarino nuclear americano “USS Thresher”, em 10 de abril de 1963, operando em uma profundidade de 2560 metros. Um sistema SBL foi instalado no navio oceanográfico “USNS Mizar” para orientar a embarcação de mergulho Trieste 1 pela área do naufrágio. No entanto, a tecnologia do sistema ainda era tão rudimentar, que dos dez mergulhos de busca realizados pelo Trieste 1, houve sucesso em apenas um dos mergulhos. (Scientific Manifest 2. 2011)

À busca do submarino nuclear “USS Thresher”, pela Marinha dos EUA, com o navio oceanográfico “USNS Mizar”, em 1963, é frequentemente creditado como a origem do moderno sistemas de navegação acústica subaquática. O Mizar utilizou principalmente um sistema SBL para acompanhar o percurso do Trieste 1. Porém, utilizou-se também uma rede de transponders depositados do fundo do mar, que, em conjunto com a GPS, tecnologia também no seu início de desenvolvimento, acarretou em uma precisão de posicionamento de cerca de 100 metros, considerado relativamente bom para a época.

Ainda nesse período, os Soviéticos começaram a desenvolver o sistema para fins militares, tanto utilizando os sistemas de navegação subaquática, como depositando transponders do fundo do mar permitindo a navegação dos submarinos nucleares em regiões de águas restritas, através da navegação inercial. Além do auxílio à navegação dessas embarcações, houve a necessidade de estabelecer a posição do submarino antes do lançamento de um míssil nuclear. (Scientific Manifest 2. 2011).

Em 1981, o foi utilizado como parte do sistema de mísseis MX. Utilizando uma rede de 150 transponders, os submarinos utilizavam, através da navegação inercial, essa rede para estabelecer a



posição e programar o lançamento dos seus mísseis. Porém, esse sistema precisava ocasionalmente ser corrigida através dos sinais GPS.

Em 1998, Paul Tidwell e sua empresa “Explorations Cabo Verde” liderou uma expedição ao local do naufrágio carga submarino japonês I-52 no meio do Atlântico, ocorrido durante a 2<sup>a</sup> Guerra Mundial, pois havia a suspeita que esse submarino carregava 146 barras de ouro e 49 caixas de metal. Essa embarcação acabou sendo localizado através do uso de um sonar de varredura de dois submersíveis “MIR 1” e “MIR2”.

A fim de auxiliar na navegação através da área dos naufrágio e garantir uma operação de busca mais eficiente, MIR- 1 instalou um rede de transponders LBL para efetuar o primeiro mergulho. Ao longo de uma série de sete mergulhos por cada submersível, o campo onde se encontravam os destroços foi progressivamente inspecionado. Os registros do posicionamento LBL indicavam com boa precisão as áreas que já havia sido inspecionadas, permitindo que a equipe se concentrasse em áreas ainda não procuradas durante o mergulho seguinte.

Nos últimos anos, várias tendências no posicionamento acústicos submarinos apareceram. Uma delas é a introdução de sistemas combinados, como os LBL / USBL. Estes sistemas são geralmente utilizados no setor de petróleo e gás em operações offshore. Dentro da indústria offshore, sistema SSBL sendo muito utilizado a partir do desenvolvimento dos veículos ROV (Remotely Operated Vehicle).

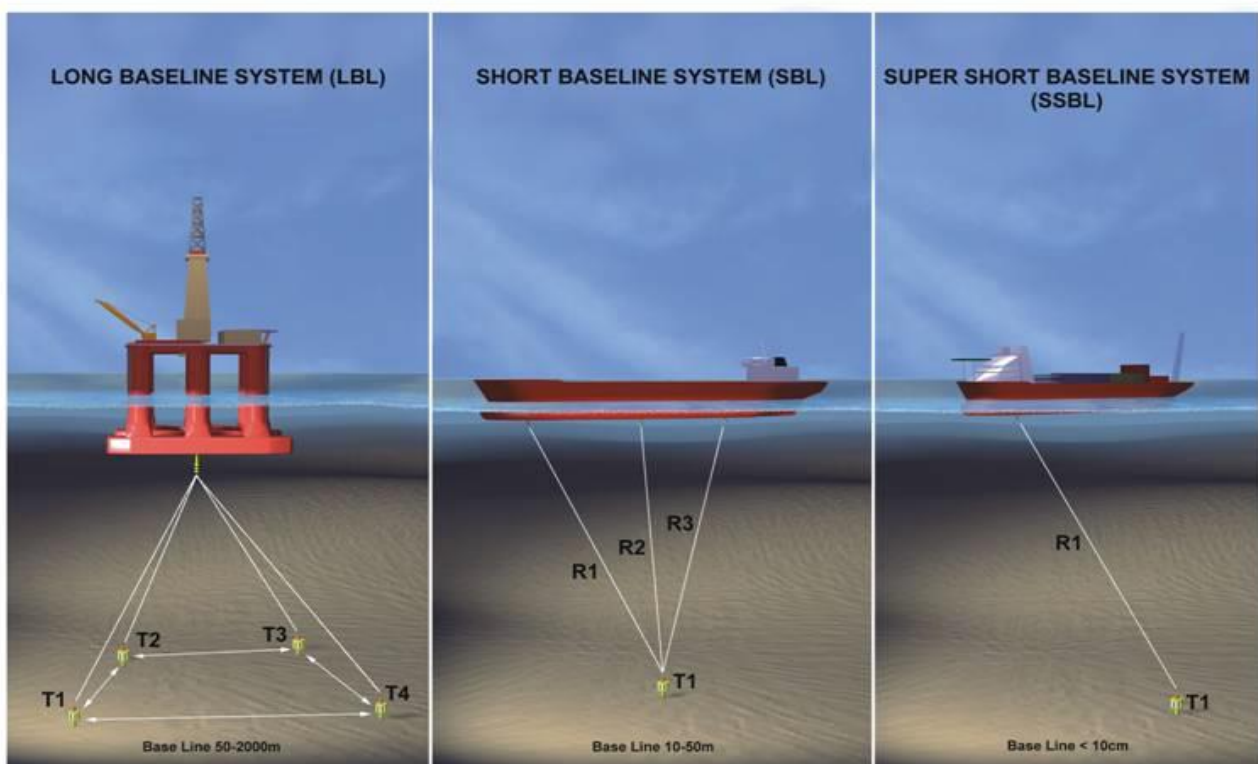
Seja por fins militares, seja com sua utilização na exploração de petróleo e gás em águas profundas ou na indústria submarina, o sistema de posicionamento acústico vem sendo exigido para se obter cada vez mais confiabilidade e uma maior de precisão no posicionamento.

## 2 DEFINIÇÕES DOS SISTEMAS ACÚSTICOS

Um sistema acústico de posicionamento consiste, na sua essência, de um transmissor (transdutor) e um receptor (transponder). Um sinal (ping ou pulso) é enviado a partir do transdutor, e é dirigido para o transponder ou rede de transponders. Este pulso ativa o transponder, o qual responde imediatamente ao transdutor localizado na embarcação. O transdutor, com o uso de um processador correspondentes, calcula a posição precisa do transponder relativa à embarcação. (KONGSBERG. 2009)

A referência para se calcular a posição é a distância entre as linhas de base (baseline), que são as grandezas que definem as classes de sistema acústicos. Essa distância é relativo aos elementos sensíveis do sistema.

### 2.1 Classes de Sistemas Acústicos



*Figura 1 – Classes de Sistemas Acústicos (Fonte Kongsberg @2013)*

- Long Baseline(LBL): sistema LBL é baseado na distância entre uma rede de transponders, chamados array, e um transducer localizado na unidade. Esse método consegue produzir um alto grau de acurácia quanto à posição e, se houver redundância de

transponders, ou seja, quatro ou mais linhas de base, a qualidade da posição pode também ser estimada previamente e deve ser levado em consideração no planejamento da utilização desse sistema.

Vale ressaltar que, a distância previamente conhecidas, que formam a linha de base entre os transponders, podem ser até de quilômetros.

- **Short Baseline (SBL):** O sistema SBL é baseado na transmissão e recepção de um sinal acústico através de, ao menos, 2 transducer instalado na quilha das embarcações e apenas um transponder. A linha de base é dada entre os transducer instalados no fundo do navio. Esse sistema necessita de um sinal externo de uma unidade de referência vertical (VRU), uma Giroscópica de um GPS para prover uma posição com referência ao fundo do mar mais preciso.

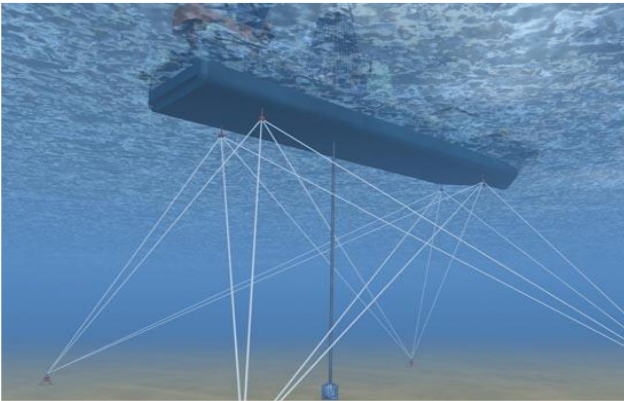
- **Ultra Short or Super Short Baseline (USBL or SSBL):** O sistema USBL ou SSBL é baseado na transmissão e recepção de um sinal acústico transmitido e recebido por um transducer contendo multi-elementos instalado no fundo das embarcações, ou seja, compara a fase na chegada do pulso, também chamado de ping, entre esses multi-elementos individuais para determinar o ângulo e distância entre o transponder e o transducer.

Esse sistema necessita de um sinal externo de uma unidade de referência vertical (VRU), uma Giroscópica de um GPS para prover uma posição com referência ao fundo do mar mais preciso.

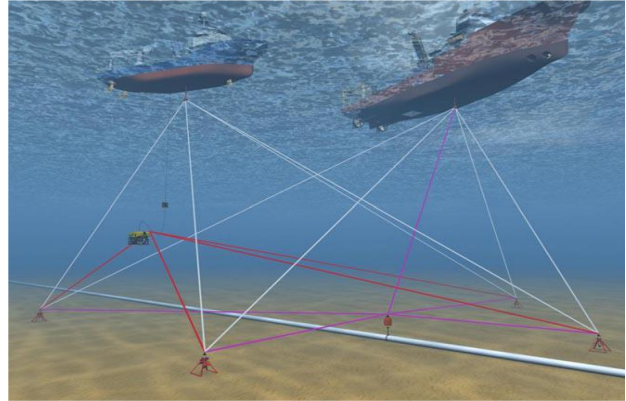
- **Sistema Combinado:** Estes sistemas combinam os benefícios de todos os sistemas acima e fornecem posições muito confiável e alta redundância.

Como esses benefícios vêm de sistemas mais complexos, os sistemas combinados vêm em muitas variedades:

- ✓ Long and Ultrashort Baseline (L/USBL)
- ✓ Long and Short Baseline (L/SBL)
- ✓ Short and Ultrashort Baseline (S/USBL)
- ✓ Long, Short, Ultrashort Baseline (L/S/USBL)

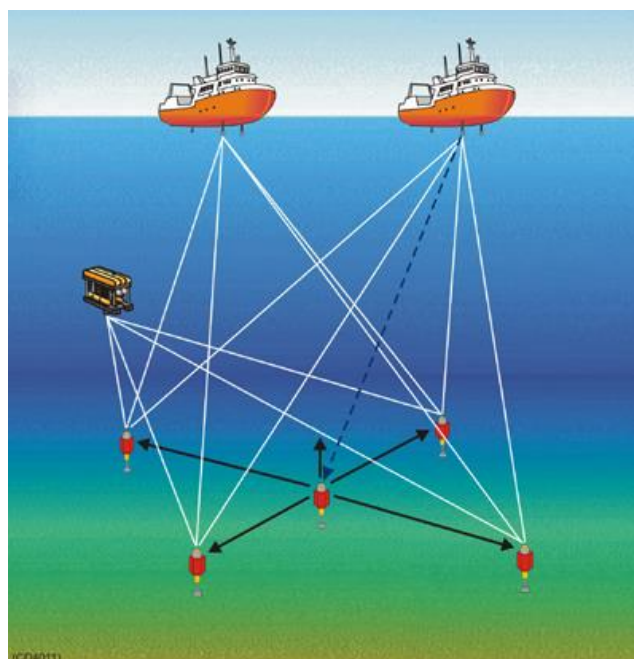


**Figura 2 - Sistema Combinado LSBL (Fonte: IMCA 200)**



**Figura 3 - Sistema Combinado LUSBL (Fonte: IMCA 200)**

- **Multi-User Long Baseline (MULBL):** Os sistema MULBL foi projetado para quando várias unidades independentes e veículos ROV utilizam o mesmo sistema de transponders ao mesmo tempo. Esses sistemas são bastante úteis quando mais de uma embarcação trabalham próximas uma das outras. Para tanto, todas deverão usar os seus sistemas acústicos em modo de escuta, ou seja, os transducers apenas receberam os sinais enviados pelos transponders. Um exemplo disso é durante um desenvolvimento de um campo de perfuração onde embarcações de construção, lançamento de linha, ROV, etc., são obrigados a operarem numa mesma locação. Os sistemas acústicos convencionais não podem fornecer canais suficientes, dentro da mesma faixa de frequências disponíveis, que permitam que todos os navios possam utilizar o sistema sem interferência entre sistemas.



**Figura 4 - Sistema Multi-User (Fonte: Kongsberg @2013)**

## 2.2 Vantagens e Desvantagens de Cada Classe:

### USBL / SSBL:

#### *Vantagens:*

- A baixa complexidade do sistema USBL torna esse sistema uma ferramenta simples de se operar;
- A base do sistema encontra-se no navio, não sendo necessário a instalação de vários transponders em array no fundo do mar;
- Apenas um transceiver instalado, necessitando apenas um mecanismo (Pole) para arriar/suspender os transdutores;
- Bom alcance.

#### *Desvantagens:*

- A precisão da posição depende de sensores adicionais, como a Giroscópica e VRU;
- A calibração do equipamento é feito apenas no momento da instalação do sistema, portanto, é necessário, um alinhamento extremamente preciso do Pole.
- Maior suscetibilidade ao ruídos ambientais devido a falta de redundância.

### SBL

#### *Vantagens:*

- Baixa complexidade para o operador;
- Boa taxa de atualização de posição;
- Boa acurácia;
- A base do sistema encontra-se no navio, portanto, não é necessário a instalação de vários transponder em Array no fundo do mar;
- Transducer / Gate Valve relativamente pequeno.

#### *Desvantagens:*

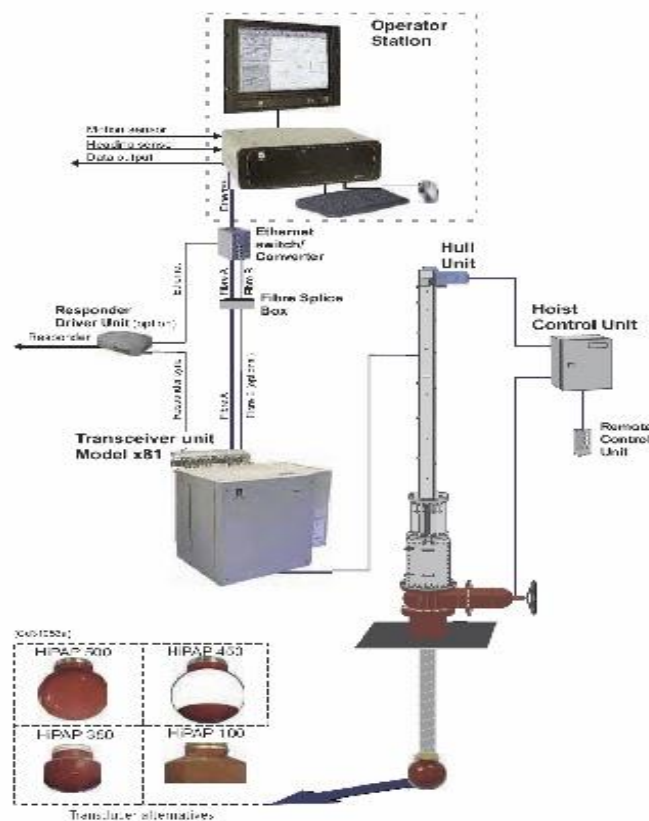
- O sistema precisa de um Baseline grande para operações em profundidades maiores de 30 metros
- Manutenção periódica apenas no dique-seco.
- Precisão absoluta depende de sensores adicionais, como a Giroscópica e VRU
- Precisa de mais de três(3) Pole instalados para arriar / subir os transceiver;
- A calibração do equipamento é feito apenas no momento da instalação do sistema, portanto, é necessário, um alinhamento extremamente preciso do Pole.

**LBL*****Vantagens:***

- Maior acurácia na posição, independente da profundidade e em grandes áreas a serem operadas;
- Redundância, devido à quantidade de transponders utilizados;
- Não precisa de sensores externos, como VRU ou Giroscópica
- Apenas um Pole instalado na embarcação e não precise ser grande.

***Desvantagens:***

- Como o sistema é complexo, exigem DPO's experientes;
- Intervalo de atualização de posição maior se comparado com a USBL E SSBL;
- Grandes Array são extremamente caros;
- Consomem grande tempo para instalação e recolhimento dos transponder no fundo do mar;
- Necessitam de calibração do Array para cada operação.

**2.3 Componentes e Sensores Integrantes do Sistema Acústico**

**Figura 5 – Visão Geral dos Componentes do Sistema Acústico (Fonte: Manual Kongsberg @2009)**

- **Transponder ou Beacon:**

Cada transponder é compreendido por:

- ✓ Casulo específico para a profundidade onde irá operar;
- ✓ Bateria integrada que fornece energia por um período pré-determinado para o sistema e sua operação;
- ✓ Sistema eletrônico integrado para processar os sinais acústicos e até transmissão de sinal para manutenção planejada;
- ✓ Colar de flutuação para garantir que o beacon fique no lugar;
- ✓ Sistema opcional de liberação acústica;
- ✓ Sistema de dados de telemetria de sensores externos, como profundidade, arreamento e Pitch e Roll.

- **Baterias dos Transponders:**

Tipos de Bateria mais utilizadas são as de Litium, Alcalinas e Nicd, sendo que a de Litium é chega a ter uma vida útil 20% maior do que as Alcalinas e 10% maior do que as Niquel-Cádmio.

As baterias são divididas em duas partes internamente em RX e TX, sendo que a parte de TX de 36/50V e a RX 10V.

- **Transducer:**

Equipamento instalado no fundo da embarcação que tem o objetivo de enviar um sinal acústico e aguarda uma resposta ao sinal enviado.

- **Hidrofone**

Alguns sistemas, como o Multi-user, contém o Hidrofone, que serve de receptor que se instala no veículo subaquático ou numa estrutura de recepção para detectar a presença de um sinal enviado por um dos emissores indicados anteriormente.

- **Equipamento Receptor (Topsides)**

É uma CPU (Central Processing Unit) ou unidade de aquisição de dados (DAU) que compreende:

- Transmitter, Receiver, central de processamento e unidade I/O;
- Unidade Transceiver instalado no fundo do casco

- **Interface do Usuário(Monitor):**

Consiste em um computador de mesa com uma OS para se operar o software do HPR.

- **Sensor de Aproamento (Aguilha Giroscópica):**

Os sensores de aproamento, ou Agulhas Giroscópica modernas, fabricadas de fibra ótica que fornecem alta taxa de atualização de dados de aproamento precisos são cada vez mais comuns em vários sistemas acústicos. Seu baixo consumo de energia permite a sua utilização subaquática por longos períodos, porém estas unidades exigem um alinhamento cuidadoso na instalação no ROV. A sua introdução permitiu a esses veículos conseguirem soluções de posicionamento avançados.

- **Motion Reference Unit(MRU) ou Vertica Reference System(VRS):**

Esses sensores tem se desenvolvido muito atualmente. Seus componentes fornecem dados que compensam o Pitch e Roll e Heave, possibilitando a redução nos erros de posição. Tem alta taxa de atualização de sinal que permitem ser utilizados até para mapeamentos do fundo do mar.

Para se ter um exemplo da importância desse equipamento, segundo Manual Kongsberg um erro de apenas 0,25 de roll ou pith poderá resultar em um erro de posição de 4,4 metros em uma profundidade de 1000 metros e um erro de até 13 metros em uma profundidade de 3000 metros.

- **Sistema Global de Posicionamento (DGNSS):**

Os sistemas USBL, SSBL e SBL recebem sinal de um DGPS. Isto ajuda à proporcionar uma otimização na calibração do posicionamento para as operações DP.

## 2.4 Frequências Utilizadas

Muitos sistemas utilizados em águas rasas, podem ser operados em águas profundas com boa precisão na posição. A disponibilidade e seleção das frequências para serem utilizadas no HPR, geralmente, fica limitado entre as médias e baixas frequências entre 8 kHz à 16 kHz.

Entretanto, a seleção da frequência é escolhida de acordo com a precisão requerida e especificada pelo navio e a profundidade da locação. Operações em águas profundas são uma preocupação quando não se pode interrogar com o equipamento no nível da água. Na prática, para operações que não se necessita de alta precisão, a escolha das frequências tende a ficar entre 15 kHz à



75 kHz, e quando se necessita de uma grande acurácia no posicionamento, tem-se utilizado frequências maiores do que 40-100 kHz.

Portanto, para uma boa seleção entre os sistemas de baixa, média ou alta frequência durante a fase do planejamento de qual sistema irá ser utilizado, o operador deve se atentar para a distância, cobertura e acurácia que se necessita para executar a operação.

As implicações de escolhas das frequências podem afetar os seguintes aspectos:

- Acurácia das medidas de posição
- Tamanho do equipamento;
- Distância e cobertura necessária da locação pelos transponders
- Frequências sendo utilizadas próximas à locação a ser operada

A título de um simples guia, se formos levar em conta apenas a profundidade como variável para se escolher a frequência de uso, podemos utilizar a seguinte tabela abaixo:

	<b>Frequência</b>	<b>Alcance Máxima</b>
Low Frequency (LF)	8 kHz to 16 kHz	>10km
Medium Frequency (MF)	18 kHz to 36 kHz	2km to 3.5km
High Frequency (HF)	30 kHz o 60 kHz	1,500m
Extra High Frequency (EHF)	50 kHz to 110 kHz	<1,000m
Very High Frequency (VHF)	200 kHz to 300 kHz	<100m

*Tabela 1 – Relação entre Frequência x Alcance*

Como podemos observar, a maioria dos sistemas que trabalham em águas maiores de 3500 metros, usam a baixa frequência (LF). Já os sistemas LBL e USBL são mais frequentemente utilizados para operações DP, survey, construção, lançamento de linha e operação de ROV que utilizam a Média Frequência (MF). Operações mais específicas de engenharia utilizam normalmente a EHF band. Operações robóticas, utiliza-se principalmente LBL com VHF band.

Entretanto, se a acurácia da posição é a razão principal para a seleção da frequência, então, outras limitações terão que ser consideradas. De forma teórica, a medida de acurácia é considerada resolução (é a medida da capacidade de performance que um sistema de referência pode alcançar) e repetibilidade (variabilidade das medidas obtidas, através de medições do mesmo item repetidamente), com calibração externa e fatores ambientais. Na lista de frequências abaixo, segue as medidas de acordo com a resolução, que na prática, podemos considerar uma relação direta com a acurácia.

<b>Frequência</b>	<b>Resolução</b>
Baixa frequência (LF) - 8-15 kHz	0.5m
Baixa frequência (LF) - 8-12 kHz	0.05m
Média frequência (MF) - 18-36 kHz	0.25m
Média frequência (MF)* - 18-36 kHz	0.03m
Alta frequência (HF) - 30-64 kHz	0.05m
Alta frequência Estendida (EHF) - 50-110 kHz	0.03m

***Tabela 2 – Relação entre Frequência x Acurácia***

### 3 REDUNDÂNCIA DO SISTEMA ACÚSTICO

#### 3.1 Importância e aplicações da Redundância no Sistema DP

Algumas aplicações do DP tem em suas especificações se manter operando durante todo o tempo com, no mínimo, duas redundâncias de sistema acústico. Já encontramos sistemas fabricados com até três sistemas acústicos operando na mesma interface a fim de manter a redundância. Essa redundância pode ser usada tanto nos sistemas SSBL como no sistema LBL, dependendo da profundidade do local onde se opera.

Quando se tem um sistema acústico múltiplo sendo usado no modo LBL, há também a necessidade de utilizar duas “Arrays” completamente segregados. Dessa maneira, cada um dos sistemas precisarão ser calibrado independentemente.

Já no sistema SSBL a redundância mais importante é o sensor MRU, portanto, está cada vez mais comum encontrarmos mais de três MRU, com seleção automática pelo próprio sistema. O MRU é usado para compensar o balanço do navio quando o sinal acústico é recebido pelo transducer. Verificamos que quanto maior a profundidade, mesmo uma pequena mudança/diferença de ângulo calculado pelo MRU, pode obter um grande erro de posição.

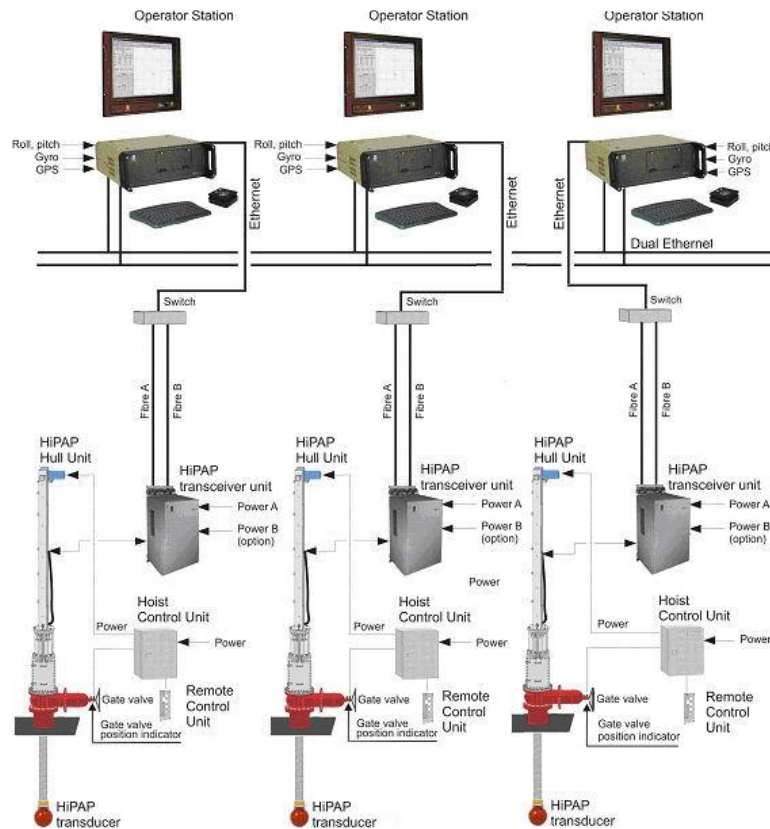
Quando a troca automática de um sensor para o outro está configurado, o monitoramento e a seleção pelo sistema é feito pela média calculada. Portanto, caso haja uma grande variação do sinal de um dos sensores, chamado também de um “jump” no sinal acústico no DP, o próprio sistema acústico reduzirá o peso desse sensor no DP, podendo até esse sensor ser rejeitado. Com isso a posição do navio não será afetada diretamente por isso.

Novas tecnologias como Sistema Acústico Inercial(INS) está cada vez mais sendo utilizado pelos sistemas DP com similar precisão daqueles corrigidos pelo sinal GPS. Podemos considerar a Navegação inercial como parte do sistema acústico, não devendo, portanto, ser operado como um sistema de referência independente, acarretando assim economia de bateria e um menor tempo de uso do equipamento.

Logo, podemos entender como o sistema de navegação inercial operado junto com o sistema acústico uma redundância importante.

Sabe-se que algumas embarcações, dependendo do tipo de operação, exige redundância do sistema acústico mais restritas. Uma delas são as plataformas de perfuração, na qual, frequentemente, operam em áreas onde apenas pode-se utilizar os sinais do DGPS (Differential Global Positioning System) e o HPR.

Sabe-se também que, em algumas áreas da Terra, há uma grande atividade de Cintilação do sinal do GPS, aumentando ainda mais a importância do incremento na capacidade do sistema acústico, sendo parte dessa confiabilidade, ocasionado pela redundância do transdutor totalmente independente um do outro, alimentando o sistema DP durante toda a operação.



**Figura 6 – Redundância de equipamentos (Fonte: Manual Kongsberg@2009)**

Verifica-se, portanto, que podemos analisar os níveis de redundância de acordo com os tipos abaixo.

### 3.2 Redundância de sistemas:

Todas as estações de operação, mais conhecido pela sigla OS (Operator Station) do sistema acústico pode operar com todas as unidades transceiver, através de uma simples ou dupla network. Uma OS1 será sempre primária controlando todos os sistemas, contudo, o operador pode, a qualquer momento, tomar o controle pela OS2. Pode-se configurar também o sistema sem uma OS específica como primária/secundária. Para cada um dos transceivers, há duas networks de fibra óptica, conectada à

uma caixa de distribuição, chamada de switchbox, ligada a cada uma das OS's independentes, para que, se uma das fibras óticas perder sinal, a outra automaticamente seja selecionada.

Quanto às unidades de energia, todos os transceiver possuem também redundâncias e, caso haja uma falha de energia, será alarmado na OS correspondente e uma segunda unidade será automaticamente selecionada. Se a OS que estiver de primária sair de operação, uma das estações secundárias irá automaticamente pegar o controle e continuará a operação o sistema acústico.

Mesmo com toda essa redundância de equipamentos, cada transceiver pode operar apenas em um Array por vez. Deste modo, se a operação exigir operar-se com mais de um array, caso se perca o sinal de um dos transceiver, será necessário ter um terceiro transceiver para operar com esse Array perdido, já que, o segundo transceiver já estará sendo utilizado no momento.

### **3.3 Redundância de sensores:**

Todas as OS podem ter conectadas com 1 à 3 sensores MRUs, Giroscópicas e DGPS. Todos os sensores proveem sinal no sistema continuamente. O operador pode selecionar o sensor de sua preferência e configurar os parâmetros e limites, que será considerado através da diferença entre o sensor selecionado e a média dos valores calculados com os sinais de todos os sensores. O sistema irá selecionar automaticamente um novo sensor caso haja uma diferença entre os valores maiores daquele configurado pelo operador e será observado na OS um alarme informando essa rejeição automática pelo sistema.

### **3.4 Redundância de transponders:**

Muitas soluções podem ser dadas para se ter a melhor redundância quanto aos transponders. Em águas rasas, pode ser conveniente ter um sistema trabalhando em SSBL com um transponder no fundo, funcionando com backup, e outro trabalhando no sistema LBL trabalhando com o Array.

Já em águas profundas, dois Arrays em LBL de redundância, aparentemente é a maneira preferida e mais comum visto sendo que opera-se com mais de 10 transponders configurados com 2 Array com 4 transponders cada um em SSBL como backup e um como monitoramento do BOP.

Para o sistema Muti-User, um fator limitador para operações em águas profundas é o tempo de propagação que faz com que a taxa de atualização do sinal fica menor de acordo com a profundidade. Para operações em grandes profundidades é requerido a utilização de um transponder adicional

atuando como o mestre. Esse transponder mestre interrogará os outros transponders do Array. O HPR operará no modo de escuta, e o cálculo da posição se baseará na distância delta formado entre os transponders do e Array. Se o transducer trabalhar também na classe SSBL, as direções dos sinais de entrada também são usados para aumentar a precisão.

Os sinais dos transponders do Array, gerados pelo transponder mestre, chegará aos transdutores da embarcação se forma sequenciada, e a taxa de repetição desses sinais será independente da profundidade da água, ou seja, os sinais acústicos pode estar a caminho através da água em grandes profundidades, mas os transdutores só irá processar um sinal por vez, mostrando para dar a posição do navio. Múltiplos transceptores podem ser configurado para trabalhar neste modo, mesmo os instalados em um ROV, por exemplo, ou outras embarcações. A precaução para isso é que, para iniciar a operação, precisam saber a geometria correta do Array de LBL, bem como o turn-around delay de cada um dos transponder individualmente (turn-around delay é um atraso selecionado pelo operador para cada transponder entre interrogatório e transmissão de sinal de resposta, que serve para evitar que mais do que um sinal seja recebido pelo transdutor ao mesmo tempo).

### **3.5 Conceitos Básicos de Navegação Inercial Integrado com HPR**

Navegação inercial é uma técnica de navegação na qual as medidas fornecidas por acelerômetros e Giroscópicas são usados para calcular a posição e o rumo com relação a uma posição, rumo e velocidade previamente conhecida. As unidades de navegação inercial (IMUs) normalmente contêm três Giroscópicas e três Acelerômetros instaladas ortogonalmente, medindo a velocidade angular e a aceleração linear, respectivamente, mediante o processamento de sinais a partir destes dispositivos, é possível calcular com precisão a posição e orientação de um dispositivo. (Woodman. 2007)

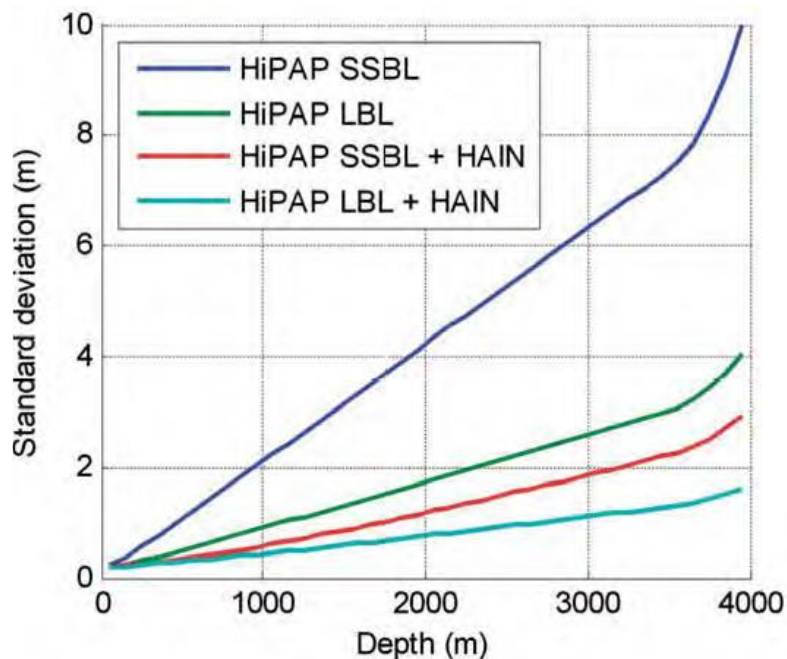
Um acelerômetro é um dispositivo projetado para computar a aceleração ao longo de um determinado eixo, pela medida da força (F), exercida ao longo desse eixo, sobre uma dada massa (M), usando a 2ª Lei do Movimento de Newton ( $F = MA$ ).

Navegação inercial tem sido utilizado em vários tipos de operações, incluindo a navegação de aeronaves, mísseis táticos e estratégicos, naves espaciais, submarinos e navios. Recentes avanços no desenvolvimento desses dispositivos, tornaram possível fabricar elementos cada vez menores e mais e leves.

Combinando os sistema acústico e o sistema de Navegação Inercial faz com que se consiga o melhor de ambos os princípios. Enquanto o HPR produz pouca deriva, mesmo quando houver

variação de sinal, o sistema de navegação inercial é extremamente preciso, por um curto período de tempo, em relação ao rumo e velocidade de deslocamento, mas com grande deriva ao longo da operação.

Logo, se combinados esses dois princípios, pode-se conseguir uma boa precisão na posição com baixíssima variação de sinal e pequena variação de deriva ao longo do tempo. Não menos importante, observa-se a taxa de atualização da posição no DP independente da profundidade, normalmente a cada segundo, mesmo que se reduza a taxa de atualização do sistema SSBL / LBL.



**Figura 7 – Desvio Padrão do Sistema Acústico com e sem INS (Fonte: Kongsberg @2013)**

O gráfico mostra os sistemas acústicos e o desvio padrão em relação à profundidade com e sem o sistema inercial. No sistema SSBL, a acurácia da posição chega a ser quase 3 vezes maior.

## 4 INTERFERÊNCIA E RUÍDOS AMBIENTAIS

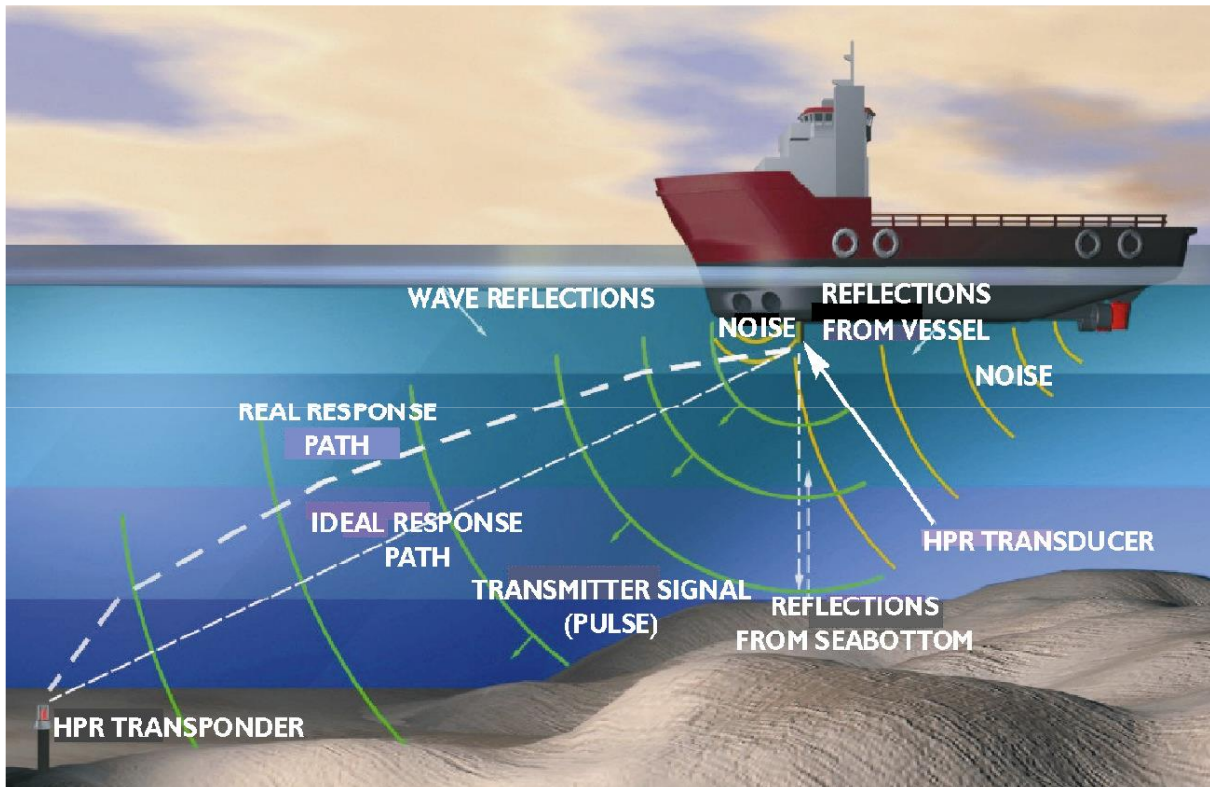


Figura 8 – Esquemas de Interferências Acústicas

### 4.1 Ruídos ambientais

O ruído ambiental pode-se dizer que é aquele natural do ambiente marinho, ou seja, não é diretamente proveniente de uma fonte que se possa identificar ou localizar sendo antes um ruído de fundo. Pode ser originado pela ondulação na camada superficial do oceano, pelo movimento irregular da massa de água que atinge a embarcação. A intensidade de ruído ambiente como parâmetro do sonar é fortemente dependente de fatores como a gama de frequências considerada, o local ou a profundidade. (Oliveira. 2009)

Vale ressaltar que frequência ( $f$ ) é a número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som, apresentada em Hz(Hertz) e a intensidade do som é a quantidade de energia contida no movimento vibratório. Intensidade se traduz com uma maior ou menor amplitude na vibração ou na onda sonora, apresentada em dB(decibéis), ou seja, nos dará a intensidade do ruído. (Fernandes. 2004)

Esses conhecimentos nos ajudará a entender os os gráficos referentes aos ruídos ambientais. Podem ser de dois tipos:



- **Ruídos Biológicos / Marinhos:**

A vida marinha pode proporcionar interferência, como por exemplo, as baleias criando ruídos de baixa frequências e os golfinhos produzem sinais de alta frequência.

A extensão de quanto esses animais podem interferir nos sinais acústicos ainda não são totalmente entendidos, mas o frequente monitoramento ajudará a protegê-los a fim de garantir que esses sinais acústicos provenientes das embarcações não os prejudiquem nem os afetem.

- **Chuva e Vento:**

Esse tipo de ruído é causado pela interação com o tempo, ou seja, muda de acordo com as condições climáticas.

Esse ruído é gerado por forças externas tais como ondas, chuva, vento. Geralmente estes níveis podem ser sentidas nas baixas frequências, ou seja, abaixo de 10 kHz to 100kHz, e menor que 40 dB. Embora uma chuva forte pode aumentar o ruído em níveis de 15 dB para 25 dB na banda de 10 kHz. O nível de ruído em água rasa acontecerá para um determinado estado do mar. Isto poderá aumentar em 25 dB em ambientes offshore.

Embora para aplicações e uso em águas profundas esses ruídos possam ser consideradas, essa influência não é tão significativa. Mesmo considerando os transducer que estão próximos da superfície, podem ser mitigador por ajustes simples da frequência do pulso.

#### **4.2 Ruído Próprio:**

O ruído próprio é aquele que tem origem no local onde o transdutor está instalado. Pode ser causado pelo funcionamento do veículo subaquático ou da embarcação onde se encontra o receptor, por exemplo pelo sistema de propulsão, pela maquinaria interna, pelo simples deslocamento de massa d'água originada pelo deslocamento da embarcação ou pelo ruído do próprio equipamento. (Oliveira. 2009)

Abaixo, alguns dos ruídos próprios mais comuns:

- **Ruído da Propulsão:**

O ruído da propulsão é usualmente conhecido pelo ramo offshore. Propulsores de passo variáveis geralmente causam mais ruídos do que os de passo fixo. O ruído normalmente é aumentado em altas frequências trabalhando entre 100 Hz à 1000 Hz e se reduz operando com 6 dB. A fonte

desse ruído é mais crítico em baixas frequências do que equipamentos que operam em bandas maiores. Os ruídos dos propulsores aumentam com a velocidade, portanto, é importante que a instalação do transducer seja o mais afastado possível deles.

Verifica-se que uma das principais causadoras de ruídos de propulsão é a causada pela cavitação. De acordo com que a velocidade de rotação de um propulsor aumenta, causará desequilíbrios e para alguns sistemas, a baixa pressão causada pela corrente e bolhas de ar ocasiona a cavitação, como podemos verificar na figura abaixo:



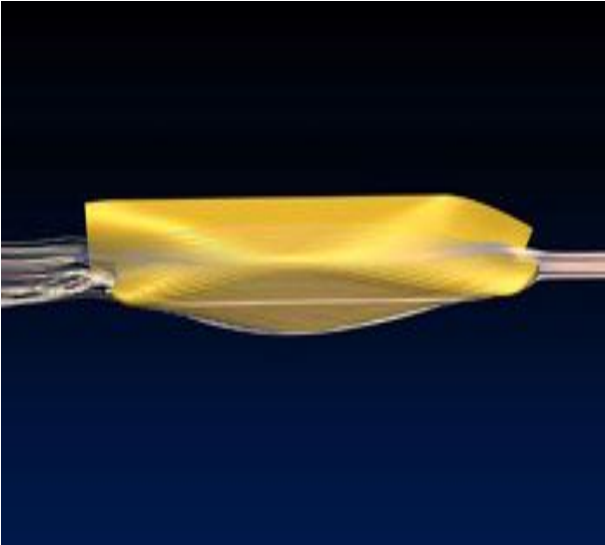
**Figura 9 – Cavitação gerada pelo Hélice (Fonte: Brenner 1995)**

Como os propulsores afastam as bolhas de ar, a pressão aumenta, colapsando as bolas e produzindo um forte ruído. Esse ruído de cavitação podem interferir significativamente nas frequências utilizadas pelo sistema acústico, ocorrendo principalmente na principalmente na superfície do navio ou do ROV.

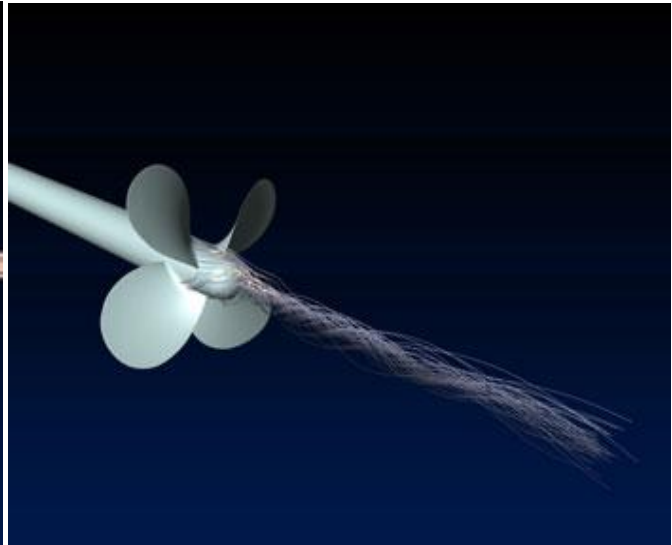
- **Ruído do fluxo:**

Para certas operações, tais como as DP, os ruídos dos thrusters, cavitação e máquinas de perfuração podem ser predominante, ao passo que para outras aplicações, tais como surveying podem ser um fator apenas limitante. Conforme a velocidade do fluxo aumenta, a fricção entre os transducer e a água aumenta, resultando em uma turbulência que também aumenta progressivamente o ruído devido a pressão estática da água.

Conforme o exemplo abaixo na figura 12, vemos uma fluxo laminar uniforme através do costado e na figura 13 verifica-se a presença de turbulência gerada no propulsor.



**Figura 10 – Fluxo de água através do costado**  
(Fonte HSV A / ZIB 2006)



**Figura 11 – Fluxo de água através do propulsor**  
(Fonte: HSV A / ZIB 2006)

Em baixas velocidades não são tão observados os ruídos de fluxo, porém, conforme as velocidades aumentam, aumentam também a turbulência do padrão laminar do fluxo e, como resultado, um forte ruído é observado. Se o transdutor é posicionado na região dessa turbulência, flutuações de pressões ocorrerão bem na face do transdutor, ocasionando ruído de baixa frequência.

Na prática, pode-se resumir que o ruído de fluxo é ocasionado pela velocidade que o fluido passando pelas partes do navio, porém, com um limite bem definido pela velocidade. Portanto, dependendo da intensidade desse ruído causado, será necessário diminuir a velocidade de deslocamento e com conseqüente limitação das operações.

### 4.3 Reverberação

A reverberação é um tipo de ruído que pode existir temporariamente após a emissão do sinal e que resulta da presença deste no meio. A massa de água é composta por diversas heterogeneidades como partículas, bolhas, fauna, etc. Estas heterogeneidades provocam uma descontinuidade das propriedades físicas do meio onde se dá a propagação, interceptando e refletindo de forma difusa uma parte da energia acústica nelas incidente. É a esta reflexão difusa do sinal que se dá o nome de reverberação, acontecendo também na superfície e fundo do mar. O nível de ruído pode ainda ser afetado por causas pontuais, como sejam a passagem de uma embarcação subaquática ou outras atividades humanas ou fauna presente no local. (Oliveira. 2009)

Dessa forma, a reverberação é pode ser causada quando um sinal acústico é transmitido e se reflete em algum objetos na água afetando significativamente esse sinal.

As perdas por reverberação incluem efeitos como difusão, refração e absorção, que é um processo de troca energética entre o meio onde se dá a propagação e a onda, perdendo esta, uma parte da sua energia acústica que se transforma em calor.

Pode-se encontrar subdividas nas seguintes classificações principais:

- Reverberação da superfície do mar – sinal é dispersos na superfície;
- Reverberação do fundo do mar – sinal é disperso nas camadas inferiores;
- Reverberação da estrutura – sinal é disperso próximo ao costado da embarcação, equipamentos instalados no fundo do mar, como Drilling, BOP ou Risers e equipamentos flutuantes ou ROV, etc;

#### **4.4 Multi-Path**

O ruído Multi-path pode ser classificado como interferência por refração, mas devido a sua importância, merece ser tratados separadamente. Esse tipo de ruído é causado quando sinais acústicos emitidos próximos de objetos acabam sidos refletidos por esses objetos, formando multiplos sinais nos quais acabam causando uma trajetória errática, sendo recebido pelo transducer em momentos diferentes.

Esses ruídos são significante porque, apesar dos processadores acústicos possam ser configurados levando em consideração os atrasos que possam afetar o sinal, eles podem não ser suficientes para permitir que os sinais sejam amenizados. Isso pode acontecer devido a velocidade do som é muito mais rápido em um objeto sólido do que na água.

#### **4.5 Interferência Acústica**

Pode-se definir a interferência acústica como distúrbios de sinais acústicos gerados por vários tipos de sistemas sendo usados ao mesmo tempo.

A interferência acústica pode ser um problema para operações quando vários sistemas, e/ou muito transponders são usados ou instalados em embarcações que estão na locação que se pretende operar dentro do raio de alcance um do outro.

Isso ocorre porque, como se opera com as frequências muito próximas, essas interferências podem afetar os sinais recebidos pelo equipamento uns dos outros.

Dependendo de origem do sistema causador da interferência, podem ser classificados entre Inter-sistemas e Intra-sistemas, conforme abaixo:

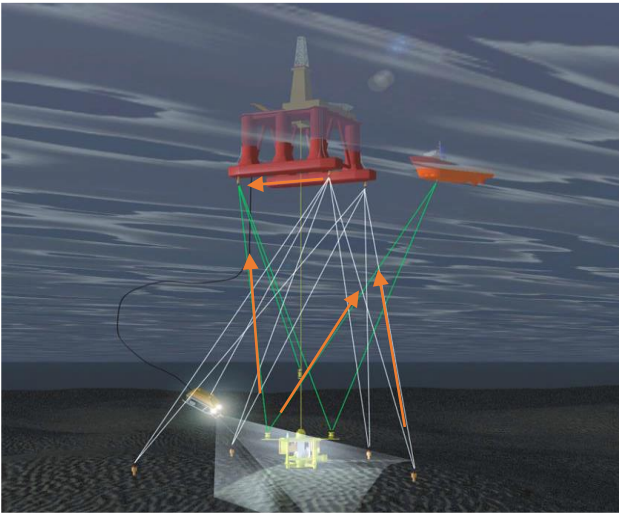


Figura 12 - Interferência Intra-sistema (Kongsberg 2010)

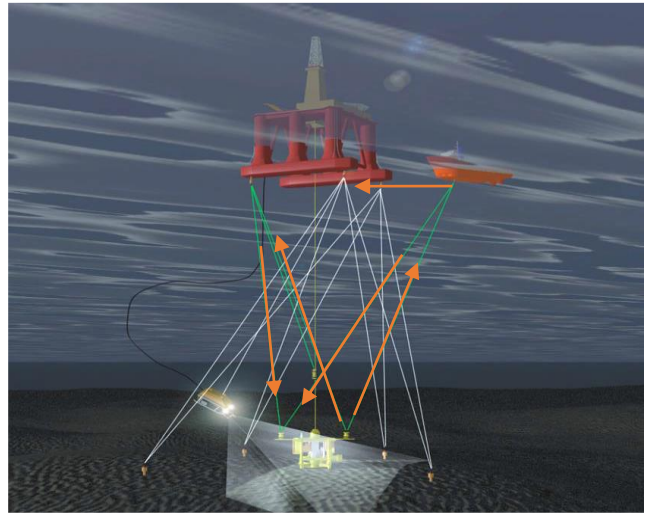


Figura 13 - Interferência Inter-sistema (Kongsberg 2013)

- ***Interferência intra-sistemas:***

É a interferência acústica causada por sistemas instalados no próprio navio.

Como exemplo, unidades de perfuração são equipadas com dois sistemas acústicos independente, ambos trabalhando com um transponder cada em modo SSBL e um deles fazendo o monitoramento do BOP e possuem também outros dois sistemas acústicos operando em LBL com 4 ou 5 transponder cada um. Normalmente, para que essa operação possa ser efetuada, usa-se diferentes canais para cada transponder para evitar a utilização de mesma frequências simultaneamente, caso contrário, se um desses sistemas operarem na mesma frequência, poderão causar interferências entre si.

- ***Interferência inter-sistemas:***

É a interferência acústica é causado por sistemas instalados em outro navio. Durante operações em locações próximas com vários navios, a possibilidade de interferência acústicas entre eles aumenta.

Outro fator importante é que diferentes embarcações podem possuir diferentes sistemas de vários fabricantes. Esses diferentes sistemas também podem possuir diferentes configurações que podem causar interferências entre si.

Um navio pode operar com o sistema CW e um com o sistema DSSS system. Devido às bandas estreitas, poderão acarretar interferências no sistema e vice-versa.

#### 4.6 Impactos no DP

Ruídos e interferências reduzem a performance do HPR. Para navios DP, os sistemas de posicionamento acústico podem acarretar:

- A. Total perda de sinal – sem posição
- B. Instabilidade de posição – grandes jumps no sinal no DP
- C. Redução acurácia – aumento do desvio padrão da posição
- D. Aquisição de um transponder errado – erro de posição

Portanto, o comportamento do DP dependerá muito do número de sistemas de referências selecionadas e aceitas pelo sistema. Conforme se é verificado abaixo:

- **Sistema de referência simples:**

Nos casos A e B, com apenas um sistema HPR selecionado pelo DP, o sistema acústico apresentará um alarme esse será rejeitado do DP.

Na situação C o DP ficará instável e possivelmente aumentará o uso dos thrusters para acompanhar essa instabilidade.

A situação D é a mais difícil de se prever o comportamento, pois se a embarcação estiver fixado uma posição errada, causará pequenos jumps no sinal acústico no DP que tenderá a reposicionar. Se o jump de posição for muito grande, o DP irá rejeitar a posição do sistema de referência e, como não há outro sistema como redundância, o sistema DP irá para uma “position dropout”, similar ao caso A e B.

- **Sistema Multi Referência:**

Se um sistema HPR é utilizado, por exemplo, com um DGPS, outro sistema acústico, e/ou outro tipo de sistema de referência, o DP irá dar pesos diferentes a cada sistema e poderá decidir qual sistema é o mais confiável e, caso a diferença entre as medidas de posição sejam muito grande, o sistema automaticamente irá rejeitá-lo do DP.

#### 4.7 Maneiras de Reduzir as Interferências e Ruídos

Existem algumas ações que podem ser tomadas para que se possa reduzir a interferências e ruídos. São elas:

- ***Directividade entre a transmissão e recepção***

A directividade da transmissão e recepção é entendido como direcionar o pulso acústico diretamente à origem da fonte do sinal através de um feixe direcional. Normalmente, corrige-se isso alterando a posição do transponder.

Nesse feixe direcional, a energia é transmitida somente na direção do transponder e a interferência com outros sistemas será reduzidas.

- ***Criteriosa seleção dos canais para operação.***

No planejamento, antes da operação, a escolha criteriosa da frequências e canais a serem operados devem contemplar as embarcações na área da locação para que não haja risco de escolha de canais que possam causar interferência.

- ***Redução do número de transponders.***

Reduzindo o número de transponders que estão sendo utilizados podem ser um desafio, mas para isso deve-se utilizar sistemas combinados. Outra maneira é usando o sistema de navegação inercial com o sistema acústico no modo SSBL. Porém, deve-se observar o tipo e a necessidade das normas para cada tipo de operação.

- ***Redução do tempo/taxa de interrogação.***

A redução do tempo de interrogação dará mais tempo para o sistema acústico restabelecer o sinal correto. Porém, depende do operador selecionar o tempo mais eficiente, para não prejudicar a qualidade do sinal.

- ***Alteração na frequência de interrogação.***

Utilizando uma frequência mais alta do que o necessário, acarreta-se num aumento do ruído próprio. O operador tem que selecionar a frequência mais baixa que se possa deixar a fim de manter a maior qualidade do sinal possível.

## **5 APLICAÇÕES MAIS COMUNS DO HPR**

### **5.1 Posicionamento Dinâmico**

O DP tem como objetivo básico a manutenção da posição de uma embarcação. Contudo, muitas aplicações do DP necessitam para manter a posição com relação a algum local específico no fundo do mar, como um determinado poço ou redes submarinas.

Entretanto, a posição fornecida pelo DGPS, estabelecido em relação à superfície. Isso resulta em uma acurácia de mais de 10 metros com relação à essa localização no fundo do mar, dependendo da profundidade e a dinâmica da natureza do perfil da velocidade do som. Com isso, verifica-se a necessidade da utilização do HPR em operações que necessitem de um sistema de referência local que forneçam uma posição relativo ao fundo do mar.

Para o DP, normalmente é usado com sistema primário de referência, como LBL ou LULBL, ou como backup, no sistema SSBL/USBL ou SBL.

### **5.2 Monitoramento do Riser e controle do BOP:**

No monitoramento da posição do Riser em relação à conexão do poço/BOP. É utilizado transponder com inclinômetro para monitorar a inclinação do riser.

No controle do BOP, é utilizado transmitindo e recebendo comandos acústicos por telemetria, incluindo o monitoramento das funções críticas através de leitura das informações do status.

Para esse fim, os transponders devem possuir instalados integrados inclinômetros provendo leituras em frações de grau.

Para manter o arranjo vertical da perfuração entre a sonda, poço perfurado e o Riser no fundo do mar, qualquer variação de posição no DP, o transponder do BOP enviará um sinal acústico relativo à sua inclinação, proporcionando ajustes na posição a fim de manter o anjulo vertical desejado.

Atenção especial deve ser dada no alinhamento do transponder no BOP, bem como os ruídos que o sistema pode sofrer devido aos equipamentos de perfuração.



### **5.3 Operações com ROV**

Os ROV's utilizam o HPR principalmente durante suas operações de construção, navegando para operações de survey de áreas no fundo do mar de qualquer espécies, utiliza um transponder instalado no topo do casco a fim de acompanhar com precisão seu deslocamento. Podemos aumentar sua precisão associando várias combinações de sistemas, devendo os pilotos do ROV e operadores do sistema acústico, no momento do planejamento, aplicar o mais eficiente para cada tipo de operação.

Normalmente, os ROV's são usados com no modo SSBL / USBL, bem como sensor de profundidade, MRU, giroscópica, e outros sensores e podem também ser associado, como sistema de navegação inercial.

Atenção especial com o alcance do equipamento, pois como os ROV's possuem cabos armados, umbilicais, vitais para o seu funcionamento, seu alcance de navegação ficará limitado a esses equipamentos.

### **5.4 Construção e Instalação de estruturas submarinas**

Para estruturas sendo instaladas no fundo do mar, os transponders acústicos podem ser posicionados neles para monitoramento e controle da operação ou, frequentemente, podem ser configurados para um determinado percurso onde um ROV é usado para confirmar a posição correta.

Quando a operação exige grande acurácia de posição, utiliza-se LBL ou o modo combinado LUSBL. Porém, a utilização mais comum é no modo SSBL OU USBL, podendo utilizar transponder instalados na unidade a ser instalada no fundo do mar ou, quando em instalação de dutos, utiliza-se um transponder instalado no ROV, conforme visto no item anterior.

### **5.5 Lançamento de dutos rígidos e flexíveis:**

Sistema mais utilizado é o USBL ou, em casos específicos o combinado LUSBL, porém, esse último, menos comum. Esse mesmo sistema, normalmente, pode ser utilizado para survey e monitoramento.

As embarcações de lançamento, os dutos a serem instalados e os ROV's utilizados para a operação provem monitoramento ou outros trabalhos.

### **5.5 Operação de Perfuração**

Navios associados em operações de posicionamento do poço ou perfuração são exigidos alta precisão de posição. Para isso, o modo LBL em array é utilizado. Normalmente utiliza-se 4 a 5 transponders por array, sendo que para manter-se uma redundância, utiliza-se 2 arrays simultaneamente. Para essas operações exigem uma precisão exigida chega a ser de até 10 à 20 centímetros.

Porém, essas embarcações, como auxílio e monitoramento da perfuração, encontra-se também sistemas USBL ou SSBL para operação com ROV, controle do BOP, etc.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve como objetivo principal apresentar uma visão mais prática do Sistema Acústico de Posicionamento.

Inicialmente, mostrou-se o desenvolvimento ao longo dos anos das embarcações DP e da importância do desenvolvimento dos sistemas HPR, a fim de aumentar a confiabilidade do DP.

Na seqüência, tentou-se expor os tipos de sistemas com seus componentes integrados, frequências utilizadas, capacidades operacionais de cada sistema, juntamente com suas vantagens e desvantagens e a importância de manter-se uma redundância durante toda a operação, como forma de aumentarmos a segurança das operações.

Apresentou-se os tipos de ruídos e interferências mais comuns que podem afetar a acurácia na utilização do HPR, e algumas formas para minimizá-los.

Finalmente, abordamos as formas mais comuns de operação que utiliza o sistema acústico como referência.

Posto isso, verificou-se que um claro entendimento de todos os envolvidos, tanto na fase de desenvolvimentos quanto na parte direta de operação, garantirá que esses sistemas sejam corretamente operado e que todas as suas potencialidades sejam aproveitadas.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Adams, David. **Multi-user Acoustic Positioning in the Deep Waters of Tomorrow**. Houston. Dynamic Positioning Committee. 2004.

**Apos for Drilling Operators Printout**. Kongsberg. Kongsberg. Revision E.

Brennen, Christopher Earls. **Cavitation and Bubble Dynamics**. Oxford. Oxford University Press. 1995.

**Deep Water Acoustic Positioning**. London. IMCA. 2009.

Faugstadmo, Jan Erik. **Acoustic Positioning in Deep Waters**. Houston. Dynamic Positioning Committee. 1998.

Faugstadmo, Jan Erik. **Acoustic Interference**. Houston. Dynamic Positioning Committee. Houston. 2004.

Fernandes, João Cândido. **Acústica e Ruído**. Bauru. Unesp. 2005.

Giddings, Ian C. **Annual Dynamic Positioning Trials for Dynamically Positioned Vessel. Dynamic Positioning Conference**. London. IMCA. 2008.

**Guidance on Vessel USBL Systems for Use in Offshore Survey and Positioning Operations**. London. IMCA. 2011.

Kongsberg Manual: **Instruction Manual Kongsberg APOS for the HiPAP systems - High Precision Acoustic Positioning**. Kongsberg. Kongsberg. 2009.

Kongsberg Brochure: **Hain Reference: The new DP Reference using INS technology**. Kongsberg. Kongsberg.

Oliveira, João Nuno Silva Picão. **Acústico USBL e Validação com Testes de Mar**. Lisboa. Universidade Técnica de Lisboa. 2009.

Overdam, Nick Van e Philips, Andrew. **Today's Dynamic Positioning Systems**. Kongsberg. Kongsberg. 2010.

Scientific Manifest 2 – **Underwater Acoustic Positioning System**. Itália. APOMAB. 2011

Torgersen, Torger. **Redundancy in Hydroacoustic System for DP Applications**. Houston. Dynamic Positioning Committee. 2008.

Vickery, Keith. **ACOUSTIC POSITIONING SYSTEMS “A PRACTICAL OVERVIEW OF CURRENT SYSTEMS”**. Houston. Dynamic Positioning Committee. 1998.

Woodman, Oliver J. **An Introduction to Inertial Navigation**. Cambridge. University of Cambridge. 2007

[www.ec.europa.eu/research/transport/projects/items/virtue\\_en.html](http://www.ec.europa.eu/research/transport/projects/items/virtue_en.html) - Visualizado - 15/09/2013

[www.gcaptain.com/history](http://www.gcaptain.com/history). SEAN. 2009 - Visualizado - 28/08/2013.

<http://www.imca-int.com/about-imca/imca-history.aspx> – Visualizado - 28/08/2013.

<http://www.imca-int.com/about-imca/imca-history.aspx> – Visualizado - 28/08/2013.