

**MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE**

LUCAS COURI DE OLIVEIRA

**O SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO A BORDO DAS
EMBARCAÇÕES MERCANTES E SEU FUNCIONAMENTO**

**RIO DE JANEIRO
2015**

**MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE**

LUCAS COURI DE OLIVEIRA

**O SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO A BORDO DAS EMBARCAÇÕES
MERCANTES E SEU FUNCIONAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientadora: 1T (T) Priscila

**RIO DE JANEIRO
2015**

LUCAS COURI DE OLIVEIRA

**O SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO A BORDO DAS EMBARCAÇÕES
MERCANTES E SEU FUNCIONAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência para obtenção
do título de Bacharel em Ciências Náuticas
do Curso de Formação de Oficiais de
Náutica da Marinha Mercante, ministrado
pelo Centro de Instrução Almirante Graça
Aranha.

Data da aprovação: ___/___/___

Orientadora: 1T (T) Priscila

Assinatura da orientadora

NOTA FINAL: _____

DEDICATÓRIA

Primeiramente gostaria de dedicar este trabalho a Deus, por ter me dado a luz de seguir por este caminho, à minha família, que sempre esteve ao meu lado e me apoiando em todas as decisões e momentos difíceis dessa jornada e por acreditarem em mim e na minha capacidade de seguir nesta carreira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais pela valiosa contribuição a minha formação moral e acadêmica, aos meus irmãos por se constituírem diferentemente enquanto pessoas, igualmente belas e admiráveis em essência, estímulos que impulsionaram a buscar vida nova a cada dia, a todos os companheiros e companheiras de curso, pela união e amizade com quem convivemos durante os três anos deste caminho e principalmente a DEUS, por me dar a força necessária à busca da realização pessoal e profissional.

“Ao atravessar marés revoltas, duvidei do meu barco. Após algumas tempestades, cansativamente vencidas, percebi que havia me enganado: minha embarcação está cheia de força e coragem; eu é que trafegava por águas que não me pertenciam. Bússola em mãos, rumarei ao meu destino”. (LAVÍNIA LINS)

“Um dia é preciso parar de sonhar e, de algum modo, partir”.
(AMYR KLINK)

“O aumento do conhecimento é como uma esfera dilatando-se no espaço: quanto maior a nossa compreensão, maior o nosso contato com o desconhecido”. (BLAISE PASCAL)

RESUMO

Com a contínua mudança na tecnologia dos equipamentos que compõem o sistema de posicionamento dinâmico e pela peculiaridade da atividade, torna-se necessária a familiarização para Oficiais de Náutica que almejam à função de Operadores de Posicionamento Dinâmico a bordo de navios sonda e plataformas semi- submersíveis. Esse trabalho é uma introdução e tem o objetivo de ajudar a Familiarização dos Operadores de Posicionamento Dinâmico que desejam ingressar na atividade de perfuração de poços de petróleo.

Palavras-Chaves: Sistemas, Posicionamento Dinâmico, Operador, Introdução e Familiarização.

ABSTRACT

Due to the changes in technology of the Dynamic Positioning System and the specificity of the activity, it is necessary the familiarization process for Deck Officers who intends to become a dynamic positioning operators in drill ships and semisubmersible rigs. This work is an introduction and has the purpose to help the familiarization process of those deck officers who wants to become Dynamic Operators in the oil industry.

Keywords: Systems, Dynamic Positioning, Operator, Introduction and familiarization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Constelação do Sistema (GPS).....	26
Figura 2. Princípios do Sistema GPS	27
Figura 3. Sistema GPS e Erros	29
Figura 4. Geometria dos Transmissores.....	30
Figura 5. Valores da Diluição da Precisão (<i>DOP</i>).....	32
Figura 6. Rede <i>DGPS</i>	34
Figura 7. Diagrama de Setor de Sombra do Sinal	36

LISTA DE ABREVIATURAS

<i>BOP</i>	<i>Blow Out Preventer</i>
<i>DNV</i>	<i>Det Norske Veritas</i>
<i>DP</i>	<i>Dynamic Positioning</i>
<i>DP System</i>	<i>Dynamic Positioning System</i>
<i>DP Vessel</i>	<i>Dynamic Positioning Vessel</i>
<i>DPO</i>	<i>Dynamic Positioning Operator</i>
<i>DPO trainee</i>	<i>Dynamic Positioning Operator Trainee</i>
<i>EDS</i>	<i>Emergency Disconnect System</i>
<i>ERO</i>	<i>Electronic Radio Officer</i>
<i>ETO</i>	<i>Electrical Technical Officer</i>
<i>FMEA</i>	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
<i>GDOP</i>	<i>Geometrical Dilution of Precision</i>
<i>GPS</i>	<i>Global Positioning System</i>
<i>HDOP</i>	<i>Horizontal Dilution of Precision</i>
<i>HF</i>	<i>High Frequency.</i>
<i>HV</i>	<i>High Voltage</i>
<i>IMCA</i>	<i>International Marine Contractors Association</i>
<i>IMO</i>	<i>International Maritime Organization</i>
<i>LBL</i>	<i>Long Base Line</i>
<i>LMRP</i>	<i>Lower Marine Riser Package</i>
<i>LSBL</i>	<i>Long Short Base Line</i>
<i>LSSBL</i>	<i>Long Super Short Base Line</i>
<i>MF</i>	<i>Medium Frequency</i>

<i>MRU</i>	<i>Motion Reference Unit</i>
<i>NMD</i>	<i>Norwegian Maritime Directorate</i>
<i>OIM</i>	<i>Offshore Installation Manager</i>
<i>PDOP</i>	<i>Positional Dilution of Precision</i>
<i>PID</i>	<i>Proportional–Integral–Derivative</i>
<i>POD</i>	<i>Point of Disconnect</i>
<i>PPS</i>	<i>Precise Service Positioning</i>
<i>ROV</i>	<i>Remotely Operated Underwater Vehicle</i>
<i>SBL</i>	<i>Short Base Line</i>
<i>SSSD</i>	<i>Signal Shadow Sector Diagram</i>
<i>SPF</i>	<i>Single Point Failure</i>
<i>SPS</i>	<i>Standard Position Service</i>
<i>STCW</i>	<i>The International Convention on Standards of Training, Certification & Watchkeeping for Seafarers</i>
<i>TDOP</i>	<i>Time Dilution of Precision</i>
<i>UPS</i>	<i>Uninterruptable Power Supply</i>
<i>USLBL</i>	<i>Ultra Short/Long Base Line</i>
<i>VDOP</i>	<i>Vertical Dilution of Precision</i>
<i>VRU</i>	<i>Vertical Reference Unit</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1 PRINCÍPIOS PARA TODAS AS EMBARCAÇÕES DE POSICIONAMENTO DINÂMICO (DP)	17
1.1 Definições.....	17
1.1.1 Embarcação posicionada dinamicamente (DP Vessel).....	17
1.1.2 Sistema de posicionamento dinâmico (DP System).....	17
1.1.3 Manter posição (Position Keeping).....	17
1.1.4 Redundância (Redundancy)	18
1.1.5 Sistemas de controle do DP (DP Control system).....	18
1.1.6 Sistema de potência (Power system).....	18
1.1.7 Sistema de computador (Computer system).....	19
1.1.8 Propulsores (Thrusters).....	19
1.2 Filosofia Básica.....	19
1.3 Características do Equipamento do DP.....	20
1.4 Classe do Equipamento	21
1.4.1 Equipamento classe 1	21
1.4.2 Equipamento classe 2	21
1.4.3 Equipamento classe 3.....	22
1.5 Básicos do Posicionamento Dinâmico	22
2 SENSOR DE REFERÊNCIA DE POSICIONAMENTO GLOBAL POR SATÉLITE (GPS)	24
2.1 Princípio do Sistema.....	27
2.2 Precisão do GPS	28
2.3 Fontes de Erro.....	29

2.4	Diluição da Precisão/ <i>Dilution of Precision (DOP)</i>	30
3	SENSOR DE REFERÊNCIA DE POSICIONAMENTO GLOBAL DIFERENCIAL - DIFFERENTIAL GLOBAL POSITIONING SYSTEM (DGPS)	33
3.1	Introdução	33
3.2	Exatidão do Sistema DGPS.....	35
3.3	Desempenho e Aspectos Práticos do <i>DGPS</i>	35
4	INTERFERÊNCIAS NO SISTEMA ACÚSTICO	37
4.1	Ruídos (<i>Noise</i>).....	37
4.2	Distância dos Propulsores.....	38
4.3	Intensidade da Potência do Transponder.....	39
4.4	Diretividade	39
4.5	Largura de Banda	40
4.6	Curvamento da Emissão	40
4.7	Interferência de vias Múltiplas.....	41
4.8	Interferência de Outras Unidades de Posicionamento Dinâmico	41
5	SENSORES DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO	43
5.1	Anemômetro (<i>Wind sensor</i>).....	43
5.2	Agulha Giroscópica	43
9.3	<i>VRU/MRU</i>	44
6	BÁSICO DE OPERAÇÕES DE PERFURAÇÃO EM SONDAS <i>DP</i>	45
6.1	Considerações	45
	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
	GLOSSÁRIO	49

INTRODUÇÃO

Devido à descoberta de campos de petróleo em regiões cada vez mais profundas, a alternativa mais indicada para esse tipo de exploração de petróleo passou a ser a sonda de perfuração com posicionamento dinâmico, onde operar com sondas ancoradas seria impraticável e a um custo altíssimo.

De forma resumida, *DP* é um sistema de controle que mede e quantifica propriedades ambientais (vento, maré, etc.) e envia comandos para os propulsores para combater essas forças e manter a embarcação parada ou movê-lo ao longo de uma faixa específica. O tipo de operação que a embarcação realiza irá determinar qual classe de sistema será utilizada. Automaticamente controla a embarcação, mantendo seu posicionamento e aproamento relativamente fixos em relação ao fundo do mar, exclusivamente por meio de sua propulsão. Uma vez que a sonda de perfuração esteja na locação, devidamente estabelecida e com os seus sistemas calibrados, o maior desafio profissional dos operadores é de controlar e de reduzir o potencial de perda de posicionamento, evitando uma desconexão de emergência atuando no sistema de geração de energia, propulsão, sistemas de sensores e sistemas auxiliares da embarcação.

A tecnologia de posicionamento dinâmico (*DP*) foi criada para atender as necessidades das empresas de petróleo devido à exploração de hidrocarbonetos longe da costa.

Esse trabalho tem o objetivo de apresentar sugestões para a correta indução dos Oficiais de Náutica que desejam ingressar na atividade de perfuração de poços de petróleo incluindo, mas não limitando-se a certificação, cursos de especialização da carreira e familiarização com os equipamentos e as operações extra ponte de comando.

Pode-se afirmar que os Operadores de Posicionamento Dinâmico tomam medidas imediatas em qualquer circunstância que podem comprometer a segurança da embarcação ou a operação para a qual a unidade de perfuração se destina. Ao analisar a atividade de um operador de posicionamento dinâmico em uma unidade de perfuração, serão apresentados também alguns equipamentos que este profissional gerencia e opera a bordo, sobre os quais devem ter pleno

conhecimento, atestando que estão bem treinados e capacitados para reagir em qualquer condição adversa.

1. PRINCÍPIOS PARA TODAS AS EMBARCAÇÕES DE POSICIONAMENTO DINÂMICO (DP)

1.1 Definições

1.1.1 *Embarcação posicionada dinamicamente (DP Vessel)*

Embarcação posicionada dinamicamente, ou simplesmente embarcação *DP*, significa uma unidade ou uma embarcação que automaticamente mantém sua posição numa locação fixa ou em um determinado rumo exclusivamente pela sua própria propulsão.

1.1.2 *Sistema de posicionamento dinâmico (DP System)*

Sistemas de Posicionamento Dinâmico, ou simplesmente sistema *DP*, significam uma instalação completa necessária para posicionamento dinâmico em uma embarcação que engloba os seguintes subsistemas:

- Sistema de Geração de Energia;
- Sistema de Propulsão; e,
- Sistema de Controle.

1.1.3 *Manter posição (Position Keeping)*

Manter posição significa manter uma posição desejada dentro dos parâmetros normais de excursão do sistema de controle e de condições ambientais.

1.1.4 Redundância (Redundancy)

Significa a habilidade de um componente de manter posição ou de restaurar sua função, quando uma falha simples (*single failure*) ocorre. Redundância pode ser alcançada, por exemplo, com a instalação de múltiplos componentes, sistemas ou alternativos meios de desempenhar uma função.

1.1.5 Sistemas de controle do DP (DP Control system)

Sistema de controle *DP* significa todos os componentes e sistemas, parte física (*hardware*) e a parte de programa (*software*) necessária para dinamicamente posicionar uma embarcação. O sistema de controle consiste do seguinte:

- Sistema de computadores;
- Sistema de Controle por alavanca (*joystick*);
- Sistema de Sensores;
- Painéis do operador;
- Sistema de referência de Posição; e,
- Cabeamento.

1.1.6 Sistema de potência (Power system)

O Sistema de geração de energia e sistema de potência significa todos os componentes e sistemas necessários para suprir o sistema *DP* com energia. O sistema de energia engloba:

- Motor Principal incluindo sistemas auxiliares incluindo os tubos;
- Geradores;
- Barramento;

- Sistema de distribuição; e,
- Cabeamento.

1.1.7 Sistema de computador (Computer system)

Significa um sistema composto por um ou vários computadores incluindo os programas e suas interfaces.

1.1.8 Propulsores (Thrusters)

Propulsores significam todos os componentes e sistemas necessários para suprir o sistema *DP* com empuxo e direção. Os propulsores incluem:

- Propulsores (*thrusters*) com unidade motora e sistemas auxiliares necessários incluindo tubos;
- Propulsores principais e leme se estes estão sob controle do sistema *DP*;
- Propulsores (*thrusters*) de controle manual e eletrônico; e,
- Cabeamento.

1.2 Filosofia Básica

Um sistema de posicionamento dinâmico totalmente operacional deve de forma confiável manter uma embarcação em posição enquanto trabalha de tal forma que a máxima excursão dos movimentos da embarcação avanço (*surge*), caimento

(sway) e cabeceio (yaw) e a exatidão do sistema de controle de posição deve ser igual ou menor da metade da excursão crítica para que o trabalho seja executado.¹

O sistema de controle do Posicionamento Dinâmico deve prover adequada informação para o operador tal que qualquer mudança no estado do sistema do *DP* devido ao tempo, mau funcionamento do equipamento ou ação do operador deva ser claramente indicada. A indicação deve ser tal que não seja provável que o operador erre em avaliar a gravidade e efeito da mudança de estado.

1.3 Características do Equipamento do *DP*

Embarcações de Posicionamento Dinâmico diferem em seus níveis de sofisticação e redundância e mesmo dentro de uma classe ou notificação do equipamento pode existir significantes diferenças. Independentes da classe do equipamento existem características que se aplicam a todos os sistemas de posicionamento dinâmico. É essencial que todo o pessoal-chave do *DP* saiba as consequências a serem esperadas de várias falhas, que são possíveis, na embarcação que eles se encontram. Para assistir os operadores com o pior caso de falha (*worst case failure*) para embarcações com equipamentos classe 2 e 3 o controlador *DP* para embarcações construída depois de 1 de julho de 1994 deve ter uma função contínua de análise verificando que em termos de potência e propulsão (*thrusters*) a embarcação poderá manter posição depois de um pior caso de falha.

¹ “Totalmente operacional” significa que todos os necessários equipamentos estejam trabalhando. “Confiável” significa sem falha de *hardware* ou *software* e sem causar uma interrupção no controle da posição num período de 4000 horas de operação *DP*.

1.4 Classe do Equipamento

Um sistema de posicionamento dinâmico consiste de componentes e sistemas agindo juntos para alcançar suficientemente capacidade em se manter em posição de forma confiável. A necessária confiabilidade é determinada pela consequência de uma perda da capacidade de manter posição. Quanto maior a consequência, mais confiável o sistema *DP* deve ser. Para alcançar essa filosofia os requerimentos foram agrupados em 3 classes de equipamento.

A classe de equipamento requerida para uma operação em particular deve ser acordado entre o proprietário da embarcação e o cliente baseado numa análise de risco da consequência da perda de posicionamento. Além disso, a Administração ou estado costeiro pode decidir pela classe de equipamento para uma determinada operação.

Para ajudar os proprietários, operadores e clientes a alcançarem a filosofia básica do *DP*. Essas 3 classes de equipamento foram definidas pela IMO e que são recomendadas para embarcações *DP* construídas depois de 1 de julho de 1994. As classes de equipamento são definidas pelos seus casos mais graves de falha (*Worst case failure*) como segue.

1.4.1 Equipamento classe 1

Perda de posição pode ocorrer no evento de uma falha simples.

1.4.2 Equipamento classe 2

Perda de posição não deve ocorrer no evento de um ponto simples de falha (*single point failure*) em qualquer componente ou sistema. Normalmente

componentes estáticos (cabos, tubos, válvulas manuais, etc.) não serão considerados a falhar, onde a proteção adequada de dano seja demonstrada e a confiabilidade esteja de acordo com a satisfação da administração.

O critério de ponto simples de falha (*single point failure*) inclui:

- Qualquer componente ativo ou sistema (geradores, propulsores (*thrusters*), barramentos, válvulas de controle remoto, etc.); e,
- Qualquer componente estático normalmente (cabos, tubos, válvulas manuais, etc.) que não está propriamente documentada com respeito à proteção e confiabilidade.

1.4.3 Equipamento classe 3

Para um equipamento classe 3, uma falha simples inclui:

- Perda de posição não deve ocorrer no evento de um ponto simples de falha incluindo incêndio e alagamento;
- Itens acima listados para classe 2. Qualquer componente estático é assumido a falhar; e,
- Todos os componentes em um compartimento separado à prova d'água, incêndio e alagamento.²

1.5 Básicos do Posicionamento Dinâmico

Hoje existem dois diferentes sistemas de soluções no mercado:

- Sistema de *DP* baseado no controle do Modelo; e,

² Quando uma embarcação *DP* é designada para uma classe de equipamento isto significa que a embarcação *DP* é apropriada para todos os tipos de operações *DP* dentro da classe designada e para uma classe de equipamento abaixo.

- Sistema de *DP* baseado no Proporcional Integral Derivativo (*Proportional–Integral–Derivative (PID)*) regulador.

A diferença entre essas duas soluções é que o sistema baseado no sistema *PID* regulador é capaz de corrigir o desvio somente depois de ter atualmente acontecido, mas somente o baseado no controle de modelo pode prever de forma antecipada e então de forma antecipada corrigir os desvios que aconteceram.

O sistema baseado em modelo é mais robusto no que tange a mudanças de sistema de parâmetros e mudanças de forças ambientais. Um sistema baseado no modelo também pode permanecer em posição para um pequeno período de tempo entre 5 a 15 minutos, dependendo nas condições ambientais mesmo depois de perder os seus sistemas de referências. O melhor e mais seguro sistema para usar seria o sistema baseado em modelo.

2 SENSOR DE REFERÊNCIA DE POSICIONAMENTO GLOBAL POR SATÉLITE (GPS)

A tecnologia atual permite que qualquer pessoa possa se localizar no planeta com uma precisão nunca imaginada por navegantes e aventureiros há até bem pouco tempo. O sofisticado sistema que tornou realidade esse sonho e chamado GPS - *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global) - e foi concebido pelo Departamento de Defesa dos EUA no início da década de 1960, sob o nome de 'projeto NAVSTAR'. O sistema foi declarado totalmente operacional apenas em 1995. Seu desenvolvimento custou 10 bilhões de dólares. Consiste de 24 satélites que orbitam a terra a 20.200 km duas vezes por dia e emitem simultaneamente sinais de rádio codificados. Testes realizados em 1972 mostraram que a pior precisão do sistema era de 15 metros. A melhor, 1 metro. Preocupados com o uso inadequado, os militares americanos implantaram duas opções de precisão: para usuários autorizados (eles mesmos) e usuários não-autorizados (civis).

Os receptores GPS de uso militar têm precisão de 1 metro e os de uso civil, de 15 a 100 metros. Cada satélite emite um sinal que contém: códigos de precisão (P); código geral (CA) e informação de status. Como outros sistemas de rádio navegação, todos os satélites enviam seus sinais de rádio exatamente ao mesmo tempo, permitindo ao receptor avaliar o lapso entre emissão/recepção. A potência de transmissão é de apenas 50 Watts. A hora-padrão GPS é passada para o receptor do usuário. Receptores GPS em qualquer parte do mundo mostrarão a mesma hora, minuto, segundo, até milissegundo. A hora-padrão é altamente precisa, porque cada satélite tem um relógio atômico, com precisão de nano-segundo - mais preciso que a própria rotação da Terra. O receptor tem que reconhecer as localizações dos satélites. Uma lista de posições, conhecida como almanaque, é transmitida de cada satélite para os receptores.

Controles em terra rastreiam os satélites e mantém seus almanaques acurados. Cada satélite tem códigos P e CA únicos, e o receptor pode distingui-los. Os códigos P são mais complexos que os CA, e somente usuários militares podem reconhecê-los, pois seus receptores têm o valor para comparação na memória.

Receptores civis medem os lapsos de tempo entre a recepção dos sinais codificados em CA. O conceito da rádio-navegação depende inteiramente da transmissão simultânea de rádio-sinais. O controle de terra interfere fazendo com que alguns satélites enviem seus sinais CA ligeiramente antes ou depois dos outros. A interferência deliberada introduzida pelo Departamento de Defesa dos EUA é a fonte da Disponibilidade Seletiva - *Selective Availability* (AS). Os civis desconhecem o valor do erro, que é alterado aleatoriamente e está entre 15 e 100 metros. Os receptores militares não são afetados.

Existe outra fonte de erro que afeta os receptores civis: a interferência ionosférica. Quando um sinal de rádio percorre os elétrons livres na ionosfera, sofre um certo atraso. Sinais de frequências diferentes sofrem atrasos diferentes. Para detectar esse atraso, os satélites do sistema enviam o código P em duas ondas de rádio de diferentes frequências, chamadas L1 e L2. Receptores caros rastreiam ambas as frequências e medem a diferença entre a recepção dos sinais L1 e L2, calculam o atraso devido aos elétrons livres e fazem correções para o efeito da ionosfera. Receptores civis não podem corrigir a interferência ionosférica porque os códigos CA são gerados apenas na frequência L1 (1575,42 MHz). Existem receptores específicos, conhecidos como não-codificados, que são super acurados. Como desconhecem os valores do código P, obtêm sua precisão usando técnicas especiais de processamento. Eles recebem e processam o código P por um número de dias e podem obter uma posição fixa com precisão de 10 mm. É ótimo para levantamento topográfico.

Os sinais gerados pelos satélites contêm um "código de identidade", dados efêmeros (de *status*) e dados do almanaque. O código de identidade (*Pseudo-Random Code* - PRN) identifica qual satélite está transmitindo. A referência é feita aos satélites pelos seus PRN, de 1 a 32, e este é o número mostrado no receptor para indicar qual(is) satélite(s) está-se recebendo. Os dados efêmeros (de *status*) são constantemente transmitidos e contêm informações de status do satélite (operacional ou não), hora, dia, mês e ano. Os dados de almanaque dizem ao receptor onde procurar cada satélite a qualquer momento do dia. Com um mínimo de três satélites, o receptor pode determinar uma posição Lat/Long - que é chamada posição fixa 2D. Deve-se entrar com o valor aproximado da altitude para melhorar a precisão. Com quatro ou mais satélites, um receptor pode determinar uma posição

3D, que abrange Lat/Long/Altitude. Pelo processamento contínuo de sua posição, um receptor pode também determinar velocidade e direção do deslocamento. (ARVM, 2014)

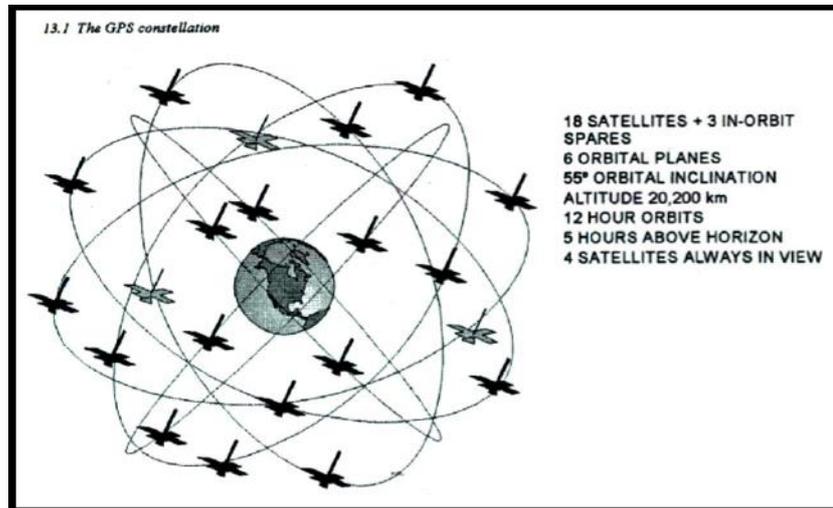


Figura 1. Constelação do Sistema (GPS)

Fonte: OPL 9 *Dynamic Positioning*

O segmento de Controle consiste de uma estação principal no Colorado Springs nos Estados Unidos, com 5 estações monitoras e 3 antenas em terra localizadas pelo mundo. As estações monitoras rastreiam todos os satélites à vista e coleta dados dos satélites. As estações monitoras enviam informações para a estação de controle, que então calculam cada órbita futura de cada satélite. Estes cálculos são então formatados em mensagens atualizadas de navegação para cada satélite e via antenas de terra transmitidas para cada satélite. Através disto, é que cada satélite sempre sabe a sua própria órbita e posição e transmite a sua posição para os usuários.

O segmento usuário consiste de receptores, processadores e de antenas que permitem operadores a receber os sinais *GPS* e computar as suas posições, altitude e tempo.

2.1 Princípio do Sistema

O conceito de operação do *GPS* se baseia na medição de distância do satélite. Cada satélite informa continuamente a hora e a sua posição. Medindo o intervalo de tempo entre a transmissão e recepção de um sinal satélite, o receptor *GPS* calcula a distância entre o usuário e cada satélite. A medição se baseia na hipótese que ambos o satélite e o receptor estão gerando o mesmo código de falso-aleatório (*pseudo-random code*) exatamente ao mesmo tempo. O tempo de viagem é calculado pela comparação do tempo de atraso, ou seja, de quanto mais tarde o código de falso-aleatório do satélite aparece comparado como código do receptor. O tempo de viagem é então multiplicado pela velocidade da luz para obter a distância.

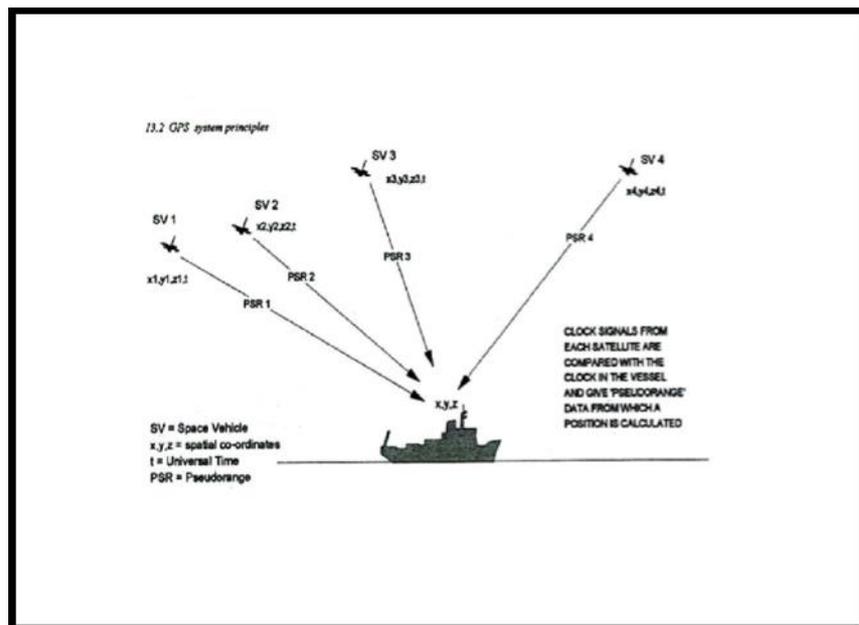


Figura 2. Princípios do Sistema GPS

Fonte: OPL 9 Dynamic Positioning

É necessário o sinal de 4 satélites para calcular latitude, longitude, altitude e tempo. Se destes é conhecido, usualmente a altitude, então necessita-se de sinais de 3 satélites. Usando os dados em um cálculo de algoritmo, posição, velocidade e tempo são calculados.

Todos os 24 satélites transmitem simultaneamente em 2 frequências 1575.42 MHz (comprimento de onda de 19 cm) e na 1227.6 MHz (comprimento de onda 24 cm – antena maior), a frequência de 1227.6 MHz não está disponível para usuários civis.

Uma vez que a frequência é a mesma para todos os satélites, a modulação deve conter características fazendo ser possível separar os diferentes sinais um do outro. Isto é alcançado usando códigos nos sinais, chamados códigos de falso-aleatório (*pseudo-random codes (PRCSs)*). O código é único para cada satélite, mas será reconhecido pelos receptores GPS, que é o porquê de todos os satélites poderem usar a mesma frequência sem interferir um nos outros.

2.2 Precisão do GPS

Quando o sistema foi desenvolvido o Departamento de Defesa Americano pediu que somente os usuários militares tivessem alta precisão. Entretanto GPS opera com 2 diferentes *Pseudo Random Codes*, um código P, que é usado para o Serviço de Posicionamento Preciso (*Precise Service Positioning (PPS)*). Este Código P é transmitido em ambas às frequências. O outro código é o Grosseiro/Aquisição (*Coarse/Acquisition (C/A)*) é usado para o Serviço de Posicionamento Padrão (*Standard Position Service (SPS)*). Este código é somente transmitido na frequência de 1575,42 MHz que é a única que civis podem receber.

Mas porque a precisão no SPS era alta (15-25 metros (95%)), o SPS foi degradado para proteger os interesses do governo americano. Este processo chamou-se Disponibilidade Seletiva (*Selective Availability (SA)*) e reduziu a precisão do SPS para em torno de 100 metros. Em maio de 2000 a SA foi desligada, resultando que na sua total precisão de 15-25 metros no nível de confiança de 95%.

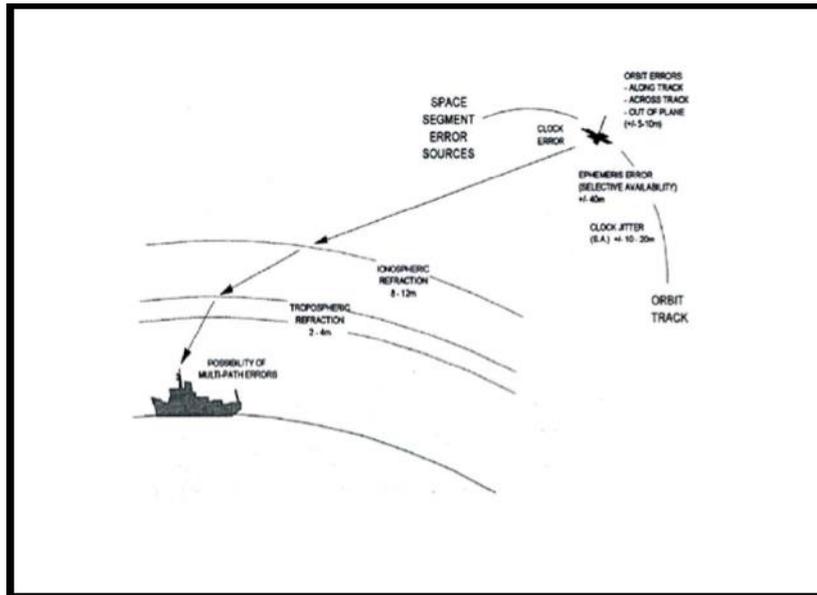


Figura 3. Sistema GPS e Erros

Fonte: OPL 9 Dynamic Positioning

2.3 Fontes de Erro

A posição *GPS* tem diferentes fontes de erro. Algumas são previsíveis e sistemáticas tais como; geometria pobre dos satélites, e outras são variáveis ou erros aleatórios tais como ondas de rádios instáveis. Todos os relógios são equipados com relógios atômicos e como de um nano segundo (10^{-9}) é igual a 0.3 metros, um erro em tempo pode ter uma significativa influência na posição.

O segmento de controle calcula cada órbita futura do satélite, mas isto pode ser difícil de prever precisamente a gravidade da Terra, atividades solares, os relógios dos satélites e os relógios das estações de monitoramento. A troposfera é a menor parte da atmosfera terrestre. Isto é onde mudanças em temperatura, pressão e umidade associada com a mudança do tempo ocorrem. Estes fatores causam vários graus de atraso no sinal. Este erro é pequeno e não depende da frequência e à medida que esse fator é conhecido o receptor pode corrigi-lo.

A ionosfera é a camada da atmosfera abrangendo em altitude de 50 a 500 km e consiste largamente de partículas ionizadas, que também causam um atraso nos sinais. O atraso diferencia dependendo da frequência, entretanto usuários

militares podem calcular esse atraso quando recebendo em ambas as frequências. Esta habilidade não está disponível para usuários civis com receptores de um simples canal somente.

O atraso da camada ionosférica está diretamente relacionado com o ciclo das manchas solares, que teve um pico em 2001. Os problemas afetaram a recepção *GPS*, especialmente nas regiões equatoriais até o período de 2004.

2.4 Diluição da Precisão/*Dilution of Precision (DOP)*

O cálculo da posição é basicamente geometria. Imagine um sistema de rádio posição medindo as distâncias de 2 transmissores terrestres para determinar a suas coordenadas horizontais. O receptor fica na intersecção das linhas circulares de posição que estão centradas nos transmissores como na figura 4:

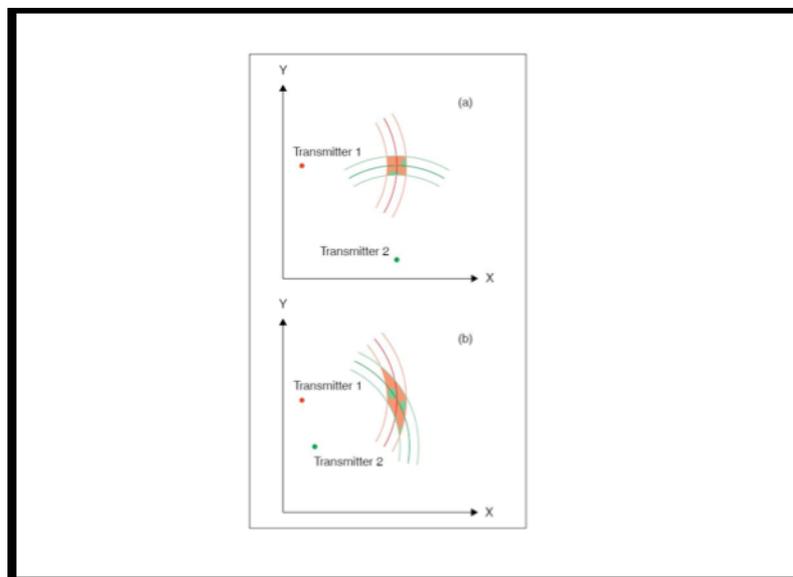


Figura 4. Geometria dos Transmissores

Fonte: Universidade New Brunswick, Canada

Existe uma incerteza, entretanto nas medições e se a localização dos círculos de distâncias será inexata e resultará em erro na posição computada. Este erro depende da geometria relacionada ao receptor e ao transmissor. Na figura 4 (a) o transmissor 1 se encontra em uma direção ortogonal a aquele do transmissor 2, então as coordenadas de X e Y dos receptores são determinados com igual precisão. Também na figura 4 (b) os transmissores estão juntos resultando em uma grande região de incerteza, com a confiança no coordenada Y sendo menor que na coordena da X. A precisão no caso (b) é diluída em comparação a aquela de (a).

Para indicar a qualidade da geometria dos satélites, os valores de diluição da precisão (*Dilution of Precision (DOP)*) são comumente usados. Baseados em fatores que são usados para os cálculos de valores de *DOP*, diferentes variantes são distintas:

- 2.4.1** GDOP – (*Geometrical Dilution of Precision*); Diluição da Precisão Geométrica; Precisão da posição no todo; Coordenada tridimensional e tempo; Mede posição, altura e tempo;
- 2.4.2** PDOP – (*Positional Dilution of Precision*); Diluição da Precisão da Posição; Precisão da posição; coordenada tridimensional; Mede a posição e a altura;
- 2.4.3** HDOP – (*Horizontal Dilution of Precision*); Diluição da Precisão Horizontal; Precisão horizontal; coordenadas 2D – Mede a posição;
- 2.4.4** VDOP – (*Vertical Dilution of Precision*); Diluição da Precisão Vertical, Precisão Vertical; Mede a altura;
- 2.4.5** TDOP – (*Time Dilution of Precision*); Diluição da Precisão no Tempo; Precisão no tempo; Mede o Tempo.

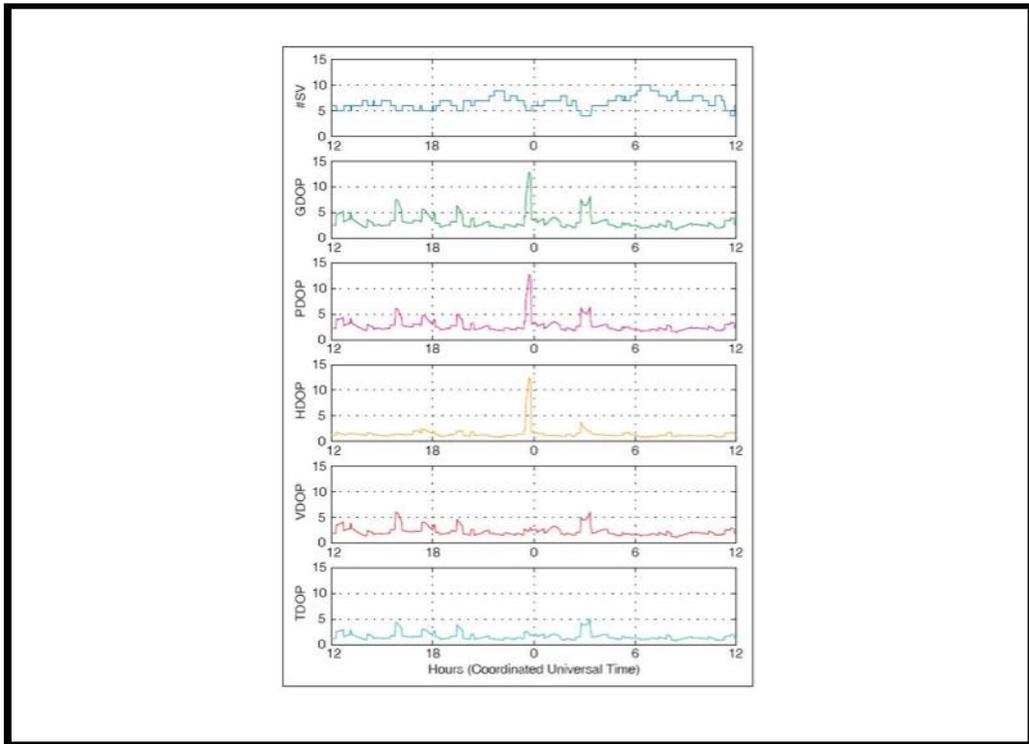


Figura 5. Valores da Diluição da Precisão (DOP)

Fonte: Universidade New Bruswick, Canada

3 SENSOR DE REFERÊNCIA DE POSICIONAMENTO GLOBAL DIFERENCIAL - *DIFFERENTIAL GLOBAL POSITIONING SYSTEM (DGPS)*

3.1 Introdução

O *GPS* Diferencial - *DGPS* - é um processo que permite ao usuário civil obter uma precisão de 2 cm a 5 m, pelo processamento contínuo de correções nos sinais. As correções são transmitidas em frequência modulada ou via satélite e são disponíveis em alguns países através de serviços de subscrição pagos. Podem também ser transmitidas por um segundo receptor ou por faróis de navegação localizados num raio de 100 km do usuário. Em ambos os casos, é necessário ter uma antena receptora *DGPS* conectada ao receptor *GPS* convencional.

Sobre os mapas, os sistemas de coordenadas são padrões de quadrados e retângulos superpostos aos mapas que permitem identificação de todo e qualquer ponto. O sistema mais usado que cobre o mundo todo é o Latitude/Longitude. Use-se como referências a Linha do Equador - que divide a Terra em Hemisfério Norte (*N*) e Hemisfério Sul (*S*) - e a linha que passa pelos polos e pela cidade inglesa de *Greenwich* (Meridiano de *Greenwich*) - que divide a Terra em Hemisfério Oeste (*W*, de *West*) e Hemisfério Leste (*E*, de *East*). As linhas imaginárias paralelas à do Equador são chamadas de Paralelos de Latitude e suas perpendiculares, de Meridianos de Longitude. Convencionou-se que a linha do Equador é a linha 0° de Latitude e o meridiano de *Greenwich*, a linha 0° de Longitude. O meridiano oposto, a 180°, é chamado de "*International Date Line*" (Linha Internacional de Mudança de Data). O Polo Norte está na Latitude 90° Norte e o Sul, na 90° Sul. O último pedido de socorro do Titanic partiu das coordenadas localizadas no paralelo de latitude 41° e 45' acima do Equador (Hemisfério Norte) e no meridiano de longitude a 050° e 14' a oeste de *Greenwich* (Hemisfério Oeste). Assim, no sistema LAT/LONG, suas coordenadas eram: N 41° 45' W 050°14' (ARVM, 2014).

Uma variedade de provedores de serviço Diferencial mantém uma rede de comunicações de estações de referência por todo o planeta que por meio de um

computador central recebe todas as correções para cada satélite. A correção para cada satélite é transmitida para os usuários que tem uma assinatura para receber essas correções. As correções podem ser transmitidas por via de Alta Frequência (*High Frequency (HF)*) ou por dedicados satélite de comunicações do sistema (*Spotbeam*) ou (*Inmarsat*). Estas correções diferenciais são então aplicadas para corrigirem as falsas distâncias em cada satélite recebido pelo *GPS* na embarcação.

Uma técnica mais comumente usada é a da rede DGPS. Nesta rede, o sistema irá acessar a informação de mais de uma estação de referência dentro da rede. O sistema usado é então, capaz de computar a melhor posição de uma variedade de dados.

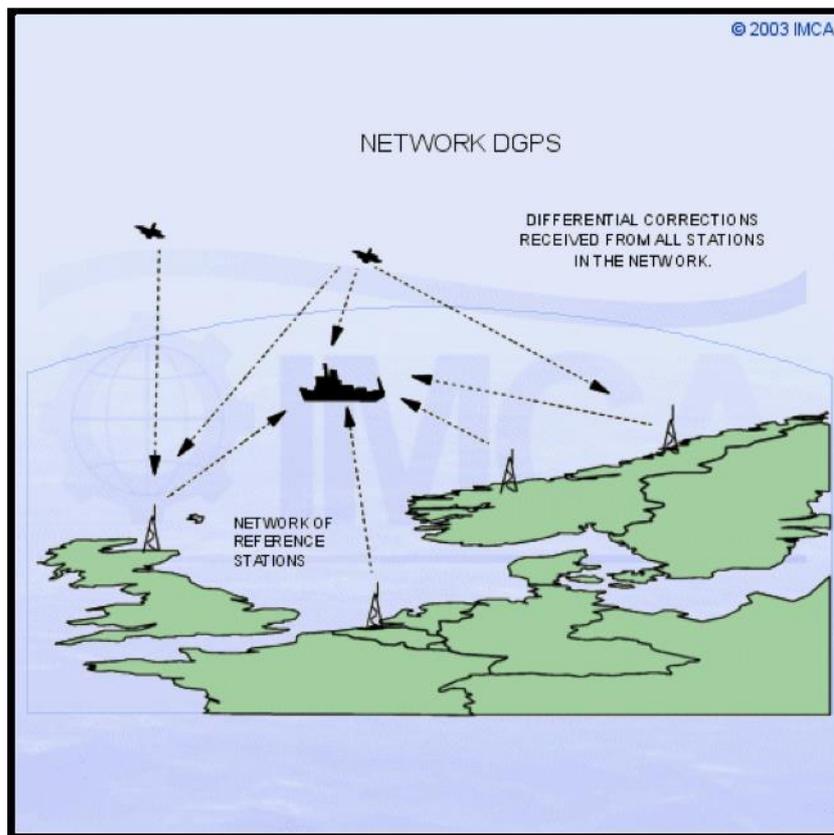


Figura 6. Rede DGPS

Fonte: IMCA

3.2 Exatidão do Sistema DGPS

O DGPS tem uma exatidão de 1 a 5 metros (95%) dependendo da qualidade do receptor *GPS*. A qualidade depende de entre outras coisas o número de canais disponíveis no aparelho receptor. A exatidão do DGPS é muito melhor do que o Serviço de Posicionamento Preciso (*Precise Positioning Service (PPS)*) usado pelo Departamento de Defesa Americano.

3.3 Desempenho e Aspectos Práticos do *DGPS*

A experiência tem mostrado que o *DGPS* é mais confiável com a embarcação em águas abertas. Com a embarcação próxima e operando ao lado de uma plataforma, a degradação do sinal pode acontecer devido às refrações dos sinais (*multi-path*) ou perda de linha de visada (*line-of-sight*), por isso é importante colocar as antenas nos lugares mais altos e livres de obstrução na embarcação.

Receptores modernos são capazes de mitigar esse efeito da mudança de constelação ajustando o peso dos sinais dos satélites mais novos que os já adquiridos, elevando de zero quando os satélites primeiramente aparecem acima da elevação, até ao máximo quando a alguns graus acima da elevação selecionada. O reverso se aplica à medida que o satélite se aproxima da elevação escolhida.

Problemas são ocasionalmente relatados sobre a interferência do sinal *DGPS* causado por telefones celulares, pelo uso dos satélites de comunicações, radar e uso dos guindastes de bordo. Este tipo de interferência deve ser verificado a bordo da instalação e adicionalmente toda embarcação deve assegurar que ela possua um Diagrama de Setor de Sombra do Sinal (*Signal Shadow Sector Diagram*) dentro da linha de visão do operador de *DP* para assegurar que ele possa selecionar aproamento adequados e manter comunicações e receber os sinais diferenciais do Sistema *DGPS*. Um exemplo de tal diagrama se encontra na figura 7.

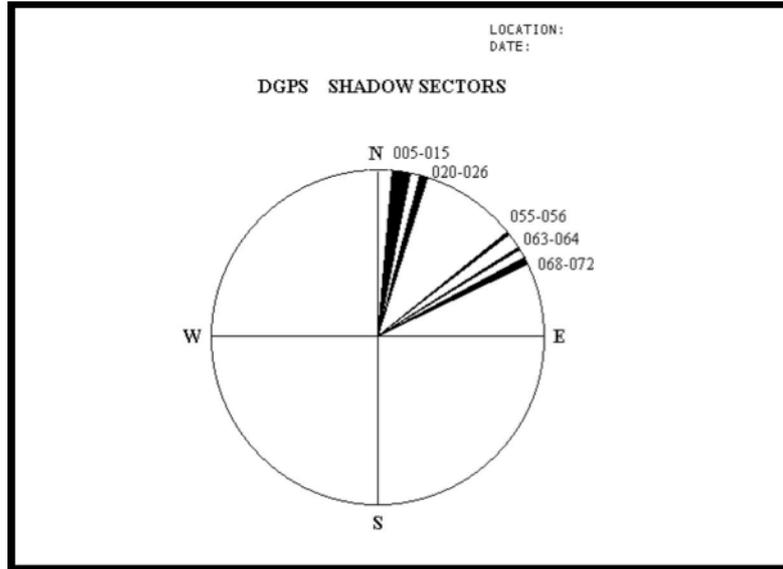


Figura 7. Diagrama de Setor de Sombra do Sinal

Fonte: Modelo Utilizado

4 INTERFERÊNCIAS NO SISTEMA ACÚSTICO

4.1 Ruídos (*Noise*)

O inimigo número um do sistema acústico é o ruído (*noise*). *Noise* é uma energia acústica não desejada na banda de frequência de interesse.

Ruído como propulsores de uma forma em geral (*thrusters*) na superfície das embarcações e sistemas hidráulicos no veículo subaquático operado remotamente (*Remotely operated underwater vehicle(ROV)*) comumente limitam o desempenho do sistema acústico. A maior parte do ruído de uma embarcação vem de um modo geral, dos seus propulsores (*Thrusters*). À hora em que a sonda precisa realmente dos dados do acústico é geralmente quando se perde posição. Infelizmente, é nessa mesma hora, que a atividade dos *thrusters* gera excessivo ruídos para causar interferência no recebimento do sinal do sistema acústico. Sistemas acústicos devem ser construídos tendo em mente o pior cenário.

Propulsores (*Thrusters*) azimutais emitem mais ruídos dos que os de tipo túnel (*Tunnel thruster*) e propulsores com o passo controlável (*Controllable pitch propeller*) são geralmente mais ruidosos que os de passo fixo (*Fixed propeller*). Um propulsor de passo fixo funcionando a uma velocidade reduzida e a um empuxo correspondente reduzido irá criar menos ruído e aeração que um propulsor com passo controlável funcionando com sua velocidade de rotação máxima e produzindo com o valor do seu passo reduzido o mesmo empuxo reduzido.

Ruído da propulsão da embarcação ou do propulsor do *ROV* é principalmente devido à cavitação. A cavitação ocorre quando em certas áreas do propulsor o fluxo de água do propulsor cai abaixo da pressão de vapor da água. Este colapso de bolhas de vapor na superfície da pá também conduz para um alto valor de ruído sobre uma larga faixa de frequência causando interferência no sistema acústico. Medidas para evitar este tipo de cavitação incluem em instalar os propulsores de uma forma geral, o mais profundo possível para aumentar a pressão estática, melhorando o fluxo no propulsor, o formato da carena, a caixa de engrenagem e a otimização do perfil da pá do propulsor.

Ruídos são criados pela descarga dos propulsores dos *thrusters* localizados debaixo do casco. A água acelerada deixa o propulsor e o tubulão com alta velocidade e irradia através do casco e casos foram reportados que essa descarga gerou ruídos que interferiram no posicionamento do sistema acústico. O ângulo perpendicular da engrenagem cônica de um *thruster* é também outra fonte de ruído.

Outras específicas áreas geradoras de ruído são quando a água espirra (*Splash*) no *moonpool* (abertura no casco a meia nau por onde as operações de perfuração são feitas), descargas de algum tipo de fluido de perfuração, vibração, atividade sísmica e propulsores de uma forma geral de outras embarcações operando junto a embarcação.

4.2 Distância dos Propulsores

Os *transducers* e *hydrophones* devem estar localizados o mais longe possível dos propulsores de uma forma geral, visando reduzir o efeito de *noise* dos *thrusters*. Existem unidades aonde o *transducer* é localizado na mesma profundidade dos *thrusters* ocasionando com que o sistema, seja suscetível a problemas com ruído.

O melhor seria se uma avaliação fosse feita durante o comissionamento da embarcação aonde a mesma fosse colocada em *DP* sob várias condições de tempo e mar para obter os índices de ruído e assim estabelecer a posição aonde os *hydrophones/transducers* serão colocados. A distância dos *hydrophones/transducers* dos propulsores, túnel *thrusters* ou azimute *thrusters* é recomendada em ser de no mínimo 20 metros e isto às vezes é muito difícil para os arquitetos navais, especialmente nos casos de conversões.

Algumas embarcações *DP* têm setores de barreiras programadas nos controles dos *thrusters* que previnem que a esteira dos *thrusters* sejam direcionadas na direção dos *hydrophones/transducers*. Isto ajuda, porém não é o ideal, uma vez que a capacidade de manter posição é reduzida. É muito melhor poder ter sempre os *hydrophones* ou *transducers* o mais longe possível do ruído dos *thrusters*.

Sistemas acústicos em uma embarcação podem ser afetados por sistemas acústicos de outras embarcações na mesma locação. Por isto, muito cuidado deve ser tomado na escolha das frequências dos *beacons* ou *transponders* requerendo que uma comunicação efetiva entre os *DPOs* seja feita, combinando as frequências de trabalho a serem usadas, sempre visando uma interferência entre os *arrays*.

4.3 Intensidade da Potência do Transponder

Para resolver este problema de ruído do meio-ambiente, geralmente a única solução é de aumentar a intensidade de potência de saída do *transponder*. O desempenho de um sistema está relacionado à energia recebida pelo receptor e o sinal para uma razão de ruído. Aumentando a largura do pulso ou o pico de potência irá aumentar a energia no pulso. A desvantagem é a diminuição da vida útil do *transponder*.

4.4 Diretividade

A introdução de um fator chamado diretividade (*directivity*) pode reduzir o efeito de um ruído local. Diretividade descreve a habilidade do *transducer* em concentrar a energia do som emitido em um feixe estreito na direção do alvo. Uma maior concentração de som efetivamente ajuda a aumentar o nível da intensidade da potência na direção desejada. Uma alta diretividade reduz a influência de ruído de indesejadas direções. Então, para locações de águas profundas ou de ambiente ruidoso, uma alta intensidade de potência é requerida para que alcance um alto rendimento do *beacon* ou *transponder* a uma maior diretividade.

4.5 Largura de Banda

Largura de banda é a faixa frequência da força do sinal que está dentro de uma razão de pico. Um ótimo filtro não permite outras frequências além das previamente definidas. A largura de banda é definida em *Hertz* (Hz).

Limitações de largura de banda dos *transducers* limitam geralmente a parte usada da banda Média Frequência (*Medium Frequency (MF)*) entre 19 e 30 kHz. Larguras de banda dos *transducers* são da ordem de 400 Hz.

Micros bolhas na água podem ser excitadas pela transmissão acústica e dispersar e distorcer o sinal acústico. Isto pode ser detectado pela presença de frequência dobrada nos ecos. A nuvem de bolhas tem o mesmo efeito de um nevoeiro e confunde completamente as direções. Micro bolhas vem da geometria da forma do casco em certos estados do mar, como, por exemplo, quando a embarcação está balançando, arfando e cabeceando muito. Deve-se tomar muito cuidado na hora de se definir o formato do casco, no intuito de não cair nessa armadilha da presença de micro bolhas abaixo do casco da embarcação. Embarcações com fundo chato ou embarcações que tiveram estruturas instaladas para melhorar a estabilidade são particularmente propensas a este efeito.

4.6 Curvamento da Emissão

O mar é dividido em diferentes camadas horizontais de água. Em cada diferente profundidade, a temperatura, salinidade e pressão variam e por essa razão a velocidade do som também varia. O aumento de pressão com o aumento de profundidade, aumenta a velocidade do som em 1/60 m/s por metro de profundidade. Um decréscimo em temperatura também causa um decréscimo em velocidade em 3 m/s por °C. Existe um decréscimo de velocidade com o aumento da salinidade.

Estas velocidades de propagação mudam, resultando em refração da fonte de ondas acústicas ou do curvamento da emissão, à medida que as ondas passam

pelas camadas de água. Posições calculadas a partir destes ângulos e distâncias serão influenciadas por esse efeito de curvamento da emissão e a não ser se forem compensados, erros irão ocorrer.

4.7 Interferência de vias Múltiplas

As interferências de vias múltiplas ocorrem quando sinais refratados ou sinais refletidos chegam ao receptor ao mesmo tempo que os sinais diretos. Os sinais acústicos podem ser refletidos pelas partes do casco da embarcação, pela superfície do mar, pelo fundo do mar ou por estruturas no fundo do mar, cardume de peixes, plâncton, etc. Normalmente esse sinal refletido irá chegar ao receptor bem antes do sinal direto e então o receptor rejeitará esse sinal refletido. Se o sinal indireto é somente um pouco mais longo que o sinal direto, como pode acontecer em águas rasas e/ou em distâncias longas, o sinal refletido irá cobrir e interferir no sinal direto. Isto pode resultar na destruição do final do sinal direto. Interferência de vias múltiplas geralmente acarreta em sinal não sendo validado ou um retorno tarde sendo detectado e validado gerando um grande atraso. Problemas de interferência de vias múltiplas ocorrem mais comumente em baixas frequências onde pulsos mais longos são usados e particularmente em águas rasas.

4.8 Interferência de Outras Unidades de Posicionamento Dinâmico

A boa convivência acústica entre as unidades de posicionamento dinâmico operando próximas, umas das outras, passa basicamente pela clara comunicação entre os *DPOs*, no que tange a escolha das frequências de trabalho a serem utilizadas. Além disso, o sistema *LBL*, por causa da sua disposição no fundo do mar, pode não apresentar bom desempenho nas locações onde o fundo tem elevada declividade, pois existe a possibilidade de reflexões dos pulsos no fundo causando ruídos com perda de precisão.

A faixa de frequência utilizada nos sistemas hidroacústicos é estreita e se encontra entre 19 e 32 kHz. Além disso, a “largura de faixa” de cada *beacon* ou *transponder* varia de 250 a 500 Hz. Existem situações onde 3 ou mais sondas precisam operar numa mesma área, sob alta influência acústica. Nestes casos devem ser estabelecidos procedimentos específicos para evitar os riscos de incidentes devido à interferência entre as plataformas e navios sonda de posicionamento dinâmico.

5 SENSORES DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO

5.1 Anemômetro (*Wind sensor*)

Das forças ambientais que atuam sobre a embarcação, o vento é o único que pode ser diretamente medido com razoável grau de precisão.

O fato da mudança brusca na intensidade ou direção do vento (Rajadas) sempre foi motivo de preocupação para os engenheiros que desenvolveram os controladores do sistema *DP*. Foi então desenvolvido um processo de alimentação direta no algoritmo do controlador chamado compensador de rajadas de vento no controlador *DP* (*Wind feed forward*) ou em alguns outros equipamentos chamados *Wind compensator*. Ambos tem a mesma função. O atuador direto nos thrusters (*Wind feed forward*) é responsável em medir a direção e intensidade do vento, dividir a direção medida nos componentes X (*surge*), Y (*sway*) e N (*yaw*), multiplicar e assim obter as resultantes para cada movimento controlado, inserir as forças do vento de modo a efetuar as correções necessárias para os dados de saída para os propulsores (*Thrusters*).

Desta forma, as rajadas de vento são consideradas de forma imediata pelo sistema de posicionamento dinâmico a fim de evitar que a sonda sofra uma deriva significativa no posicionamento da sonda.

5.2 Agulha Giroscópica

Uma das principais funções do sistema *DP* é de manter o aproamento da embarcação conforme escolha do operador ou seguindo a menor resultante das forças ambientais, a fim de minimizar a demanda de potência no sistema de propulsão.

A informação da agulha giroscópica é transmitida continuamente e automaticamente para o controlador *DP* através de um sistema elétrico. O mais

comum consiste de um potenciômetro que fornece voltagens proporcionais de seno e cosseno do ângulo de aproamento. No processador estas voltagens são reconvertidas em ângulos mediante a uma função arco-tangente.

Devem existir no mínimo 2 agulhas giroscópicas, mas comumente se encontra 3 agulhas giroscópicas, cada uma ligada de forma independente aos controladores *DP* de forma a prover a necessária redundância.

A referência de aproamento é fornecida de uma ou mais agulhas giroscópicas. Duplicação de giro é geralmente fornecida mesmo em embarcações de classe 1. O operador de *DP* normalmente seleciona um dos giros como sendo a referência, ou seja, o sistema *DP* está lendo o *input* (valor de entrada) do giro selecionada como preferida, enquanto se mantem uma função de comparação com a outra ou outras. Se a agulha giroscópica, selecionada como referência, falhar de uma maneira tal que o sistema seja incapaz de ler seus dados, então o sistema irá automaticamente mudar agulha giroscópica, sem contudo considerar outra como referência. Se existirem três agulhas giroscópicas, se configura assim a função de *voting* no sistema *DP*.

5.3 VRU/MRU

O chamado sensor de Unidade de Referência Vertical (*Vertical Reference Unit (VRU)*) fornece basicamente os valores de caturro (*Pitch*) e balanço (*Roll*) da embarcação a fim de se compensar alguma discrepância nos sinais dos sistemas de referência de posição dos equipamentos hidroacústicos, especialmente nos casos do *Short Base Line (SBL)* e *Ultra Short Base Line (USBL)*, distorcidos em função da movimentação de seus respectivos receptores. Sem essa compensação dos movimentos da sonda em torno dos eixos transversal, longitudinal e sobre o movimento vertical, o posicionamento seria muito afetado. O chamado sensor de Unidade de Referência de Movimento (*Motion Reference Unit (MRU)*) fornece basicamente os valores da *VRU* somado ao movimento de arfagem (*Heave*). As *VRUs* ou *MRUs* também são instaladas com mais de uma unidade a bordo.

6 BÁSICO DE OPERAÇÕES DE PERFURAÇÃO EM SONDAS DP

6.1 Considerações

O principal objetivo de uma sonda de perfuração ou navio sonda provido de posicionamento dinâmico é essencialmente em se manter na locação desejada, exatamente sobre o poço ou a uma determinada e segura distância (*offset*) do mesmo, durante as diversas etapas de operações na locação. O centro de rotação do navio ou da plataforma semi-submersível está localizado na mesa rotativa, localizada no piso de perfuração.

Embarcações de posicionamento dinâmico podem ter apenas um casco (*monohull*) ou possuírem formas de sonda semi-submersível (*multi-hull*). No caso do navio sonda é sempre boa prática manter o vento afilado às forças resultantes ambientais (vento, corrente e ondas), devido a grande área vélica, na intenção de reduzir o consumo de energia como também à carga nos *thrusters*.

Esta necessidade de se aproar para as resultantes poderá ser restrita devido a coluna de perfuração. Usualmente a coluna de perfuração não permite um giro de 360°. Isso é para se evitar algum dano causado pela torção nas linhas de *choke* e *kill do BOP*. É altamente recomendado, que um teste de giro máximo, para ambos os bordos, seja realizado logo após a conexão do BOP, com o intuito de se estabelecer o setor limite, que será usado pelos *DPOs* durante as mudanças de proa enquanto a unidade permanecer conectada ao poço.

Se a embarcação é uma embarcação semi-submersível, as forças ambientais são de menor relevância. Usualmente o formato do casco de uma plataforma semi-submersível é similar em todos os bordos e sendo assim, não existe essa grande preocupação no que tange a constante mudança de proa.

Em águas profundas, a situação com a unidade de perfuração se torna mais complexa, devido ao grande número de *risers* e por consequência, do tamanho da coluna de tubos. Na parte final do *riser*, se acopla o *BOP* através de uma junta

flexível que permite deflexões angulares em qualquer direção. Seria o ideal que o *riser* e *BOP* estivessem sempre alinhados, mas nem sempre isso ocorre, devido a algumas fortes correntes de fundo. Os parâmetros de posicionamento são conhecidos como *offset* e/ou ângulo da *flex joint (LFJ)*. Os valores são referenciais, por exemplo: *offset* 3% e 6% e deflexão 2° e 4° para alarmes amarelos e vermelhos, respectivamente. É importante salientar que os parâmetros de posicionamento, caso excedidos, poderão impedir a desconexão e/ou desacoplamento dos conectores dos equipamentos de fundo (LMRP, TRT, FIBOP-W, FIBAP etc.), implicando em conseqüências provavelmente desastrosas.

Devido a atuação da corrente, o *riser* irá arquear numa direção para onde a corrente estiver indo entre o *riser* e o BOP. Se a plataforma estiver posicionada completamente sobre o BOP, esta corrente irá resultar em um ângulo de *offset* entre o *riser* e o BOP. Para reduzir este ângulo a zero ou próximo disso, o *DPO* deve mover a unidade. Na prática, a unidade deve ser continuamente movida, se necessário for, sempre na intenção de manter o ângulo do *riser* com *BOP* dentro dos limites aceitáveis descritos no *WSOG*

CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou alguns aspectos do sistema de posicionamento dinâmico em sondas e navios sondas. A aplicação desse sistema a bordo requer operadores de posicionamento dinâmico extremamente treinados, em face do tipo de operação para a qual o DP, neste caso, se destina. O Brasil já ocupa uma posição de destaque mundial, devido ao pré-sal e com ele uma demanda grande de unidades DP, que exigirão a correta familiarização dos DPOs, prontos para mostrar o elevado grau de capacidade técnica, assim como comprovar o bom treinamento adquirido nos centros de instrução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAY, D. J ***Oilfield Seamanship Series - Dynamic Positioning***. 2nd Edition.
London: Oilfield publications – OPL, 2003. vol. 9.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION - IMO. ***Guidelines for Vessels with Dynamic Positions Systems***. MSC/Circ. Nº 645, 6.6.1994.

IMCA MARINE DIVISION. ***The Training and Experience of Key DP Personnel***.
IMCA M 117. MSC/Circ. 738. January, 1996.

IMCA MARINE DIVISION. ***The guidelines for the design & operation of dynamically positioned vessels***. frev 5 eb/1999.

IMCA MARINE DIVISION. ***Engine Room Fires on DP vessels***. IMCA 119,
Aug.1997.

IMCA MARINE DIVISION. ***QRA for the use of a dual DGPS system for dynamic positioning***. IMCA 128, Feb.1995.

IMCA MARINE DIVISION. ***Guidelines of the use of DGPS as a position reference in DP control systems***. IMCA 141, Oct., 1997.

WELL, David WELL; BECK, Norman; DELIKARAOGLOU, Dimitris; KLEUSBERG, Alfred et al. ***Tranquila Petr Vanicek – Guide to GPS Positioning***. November, 1999.

GLOSSÁRIO

<i>Acoustic Ray Bending</i>	Problemas de curvamento na recepção do sinal hidroacústico. Piora a medida que a distância oblíqua aumenta
<i>Array</i>	Forma geométrica, podendo ser quadrangular ou hexagonal, que mostra a disposição dos beacons ou transponders no fundo do mar
<i>Ball Joint</i>	Ligação entre o riser e o <i>BOP</i> e sua função é de absorver os movimentos da coluna
<i>Beacons (pingers)</i>	Balizas que somente transmitem pulsos acústicos
<i>Blow Out Preventer</i>	O preventor de explosões do Poço
<i>Checklist</i>	Lista de Verificação
<i>Choke</i>	Linhas que existem no <i>BOP</i> e que vão para superfície através do riser
<i>Computer System</i>	Sistema de Computador
<i>Controllable pitch propeller</i>	Propulsores com o passo controlável
<i>Directivity</i>	Diretividade (propriedade do que é direcional)
<i>Det Norske Veritas</i>	Sociedade Classificadora Norueguesa
<i>Dynamic Positioning System</i>	Sistema de Posicionamento Dinâmico
<i>Dynamic Positioning Vessel</i>	Embarcação Posicionada Dinamicamente
<i>Dynamic Positioning Operator.</i>	Operador de Posicionamento Dinâmico
<i>Drift off</i>	A embarcação deriva porque não possui suficiente força propulsiva

<i>Drill string</i>	Coluna de tubos de Perfuração.
<i>Drive off</i>	A embarcação <i>DP</i> é dirigida para fora da posição pela sua própria força propulsiva porque o controlador <i>DP</i> acredita que a embarcação está fora de posição
<i>Fixed propeller</i>	Propulsor de passo fixo
<i>Hardware</i>	Parte física do computador
<i>Heave</i>	Movimento de translação da embarcação no sentido vertical, resultante de forças ambientais como das ondas e marulho
<i>Hertz</i>	Unidade de medida de frequência, 1 Hz (igual a 1 ciclo por segundo)
<i>Hydrophone</i>	Localizado no casco da embarcação são receptores de sinais acústicos provenientes das balizas que somente transmitem e são responsáveis em transformar sinais acústicos em pulsos elétricos enviados ao processador
<i>Inmarsat</i>	Rede de satélite internacionais de comunicações
<i>Joystick</i>	Sistema de Controle por alavanca, por manche
<i>Kill</i>	Linhas que existem no <i>BOP</i> e que vão para superfície através do Riser
<i>Knots</i>	Unidade de velocidade 1 milha náutica/hora (1852 m/h)
<i>Lloyds Register Of Shipping</i>	Sociedade Classificadora Britânica
<i>Lower Marine Riser Package</i>	Controlador do <i>BOP</i> e sendo a sua parte de cima do <i>BOP</i>
<i>Long Short Base Line</i>	Linha de Base Pequena e Longa
<i>Long Super Short Base Line</i>	Linha de Base Super Pequena e Longa
<i>Monohull</i>	Tipo de embarcação somente com um casco

<i>Moon Pool</i>	Abertura num navio sonda por onde são realizadas as operações de perfuração
<i>Multi-Hull</i>	Tipo de embarcação com mais de um casco
<i>Multi-Path</i>	Fenômeno de propagação que resulta em ondas de rádio alcançar a antena receptora por dois ou mais caminhos
<i>Nautical Institute</i>	Instituto Náutico
<i>Noise</i>	Ruído. Principal fator que afeta o sinal do sistema hidroacústico
<i>Off-line</i>	Equipamento desligado
<i>Offset</i>	Afastamento horizontal ou distância horizontal da unidade em relação à origem (posição que representa o poço)
<i>Overpull</i>	Aumento da tensão nos tensionadores
<i>Positional Dilution Of Precision.</i>	Diluição da Precisão da Posição
<i>Proportional–Integral–Derivative.</i>	Tipo de algoritmo do controlador <i>DP</i> chamado Proporcional Integral Derivativo
<i>Pitch</i>	Movimento de rotação da embarcação em relação ao seu eixo transversal
<i>Pontoons</i>	Submarino
<i>Pooling</i>	Sistema de combinação ou união de sensores
<i>Position Keeping</i>	Manter Posicionamento
<i>Power Limiting</i>	Limitador de Potência
<i>Power System</i>	Sistema de Potência
<i>Precise Service Positioning</i>	Serviço de posicionamento preciso, de uso exclusivo de militares

<i>Processor</i>	Interface entre o Controlador e o operador de <i>DP</i> . Está diretamente ligado aos hidrofones e transdutores dos quais recebem e processam os sinais elétricos correspondentes à troca de informações acústicas das balizas e das balizas receptoras e transmissoras, além de gerar os pulsos de interrogação nos sistemas mais modernos
<i>Pseudo-random code</i>	Código de falso-aleatório. É um código digital complicado colocado no sinal
<i>Redundancy</i>	Redundância
<i>Riser</i>	Duto de interligação
<i>Roll</i>	Movimento da embarcação em torno do seu eixo longitudinal
<i>Remotely Operated Underwater Vehicle</i>	Veículo subaquático operado remotamente
<i>Short Base Line</i>	Sistema que utiliza linha de base pequena
<i>Signal Shadow Sector Diagram</i>	Diagrama de Setor de Sombra do Sinal <i>GPS</i>
<i>Single Failure</i>	Falha Simples
<i>Slant range</i>	Distância oblíqua do transponder ao transducer
<i>Slip Joint</i>	Junta telescópica
<i>Software</i>	Parte dos programas do computador
<i>Sonda</i>	Nome genérico dado a navios-sonda e plataformas
<i>Single Point Failure.</i>	Ponto Simples de falha
<i>Sponson</i>	Saliência Lateral do navio usado para suporte e/ou proteção. Serve também para fornecer estabilidade adicional para resistir ao emborcamento
<i>Spot beam</i>	Rede de satélites de comunicações com potência concentrada para cada região do planeta

<i>Standard Position Service.</i>	Um dos níveis de serviço do GPS. Feito para todos os usuários
<i>Stand by</i>	Estado de alerta. Horas paradas ou fora de serviço
<i>Surge</i>	Avanço. Movimento linear da embarcação no sentido longitudinal
<i>Sway</i>	Caimento. Movimento linear no sentido transversal
<i>Time Dilution of Precision</i>	Diluição da Precisão no Tempo
<i>Thruster (Azimuth)</i>	Propulsores do tipo azimutal, capazes de produzir empuxo em todas as direções no plano horizontal
<i>Thruster (bow)</i>	Impelidor de proa, podendo ser do tipo túnel ou azimutal
<i>Thruster (Retractable)</i>	Impelidor ou propulsor que permite seu içamento para reparos. São mais vistos em navios-sonda
<i>Thruster (tunnel)</i>	Impelidor fixo do tipo túnel podendo dar empuxo nos dois sentidos
<i>Thrusters</i>	Denominação genérica dos propulsores, elementos que produzem empuxo propulsivo
<i>Toolpusher</i>	Supervisor da perfuração
<i>Track follow</i>	Modo do <i>DP</i> onde a embarcação segue um rumo pré-estabelecido
<i>Transducer</i>	São equipamentos capazes de transmitir e receber sinais acústicos, podendo se relacionar com balizas receptoras e transmissoras
<i>Transponders</i>	São balizas receptoras e transmissoras que emitem um pulso acústico a uma determinada frequência de resposta (pré-selecionada) toda vez que são interrogados por um pulso acústico com outra frequência por um transdutor

<i>Uninterruptable Power Supply</i>	Fonte para suprir energia para alimentação temporária dos sistemas de controle <i>DP</i>
<i>Voting</i>	Sistema de Eleição
<i>Vertical Reference Unit</i>	Unidade de Referência Vertical. É o mesmo que VRS. Ele mede balanço (<i>roll</i>) e caturro (<i>pitch</i>) da embarcação para compensar estes movimentos no sistema hidracústico
<i>Watch Circles</i>	Círculos de Guarda
<i>Weighting</i>	Pesagem e mistura dos sensores
<i>Wind Feed Forward</i>	Sistema que atua diretamente nos thrusters
<i>Worst Case Failure</i>	Pior caso de falha