

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA**

**CIAGA**

**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE NÁUTICA (APNT)**



**A PERFURAÇÃO EM ÁGUAS PROFUNDAS E SUA INTERFACE COM O  
POSICIONAMENTO DINÂMICO**

**FELIPE EDUARDO PACHECO DA SILVA**

**ORIENTADOR: PROFESSOR HERMANN REGAZZI GERK**

**RIO DE JANEIRO**

**2012**

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA**

**CIAGA**

**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE NÁUTICA (APNT)**



**A PERFURAÇÃO EM ÁGUAS PROFUNDAS E SUA INTERFACE COM O  
POSICIONAMENTO DINÂMICO**

Trabalho acadêmico apresentado ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, como requisito para obtenção do grau de Capitão de Cabotagem.

Por: Felipe Eduardo Pacheco da Silva

Orientador: Prof. Hermann Regazzi Gerk

Rio de Janeiro

2012

FELIPE EDUARDO PACHECO DA SILVA

A PERURAÇÃO EM ÁGUAS PROFUNDAS E SUA INTERFACE COM O  
POSICIONAMENTO DINÂMICO

Trabalho acadêmico apresentado ao Centro de  
Instrução Almirante Graça Aranha, como  
requisito para obtenção do grau de Capitão de  
Cabotagem.

Aprovado pela Banca Examinadora em \_\_\_\_\_ de setembro de 2012.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Orientador: Prof. Hermann Regazzi Gerk**

---

---

---

---

Dedico esta monografia aos meus pais Eduardo Carneiro e Leir Pacheco Silva, por sempre me apoiarem em minhas escolhas e sempre orgulhosos das minhas vitórias e conquistas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, aos meus pais, minha querida irmã Erika Pacheco, a minha amada avó Nely, a meus amigos Márcio Rodrigo, Hérica Aragão e Pedro da Mata pela ajuda e compreensão e em especial a minha linda e querida namorada Juliana Gabri por tudo que tem feito em prol da nossa felicidade sem medir esforços para me fazer feliz!

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Hermann, por dividir seu imenso conhecimento e motivação para realização deste trabalho, ao meu gerente Andrey Andrev, por essa oportunidade magnífica neste centro de instrução, aos meus comandantes Tomaz Zawitaj, Fernando Gutierrez e Jarlath Trant pelo apoio e confiança depositados, aos meus substitutos Mario Magante e Reynier Fritz, pela colaboração e apoio, e aos meus companheiros de trabalho Paul Yusi, Marcin Pakula, Yogesh Abnave, Nyan Hlang e Vikas Gaur.

“A vida vai ficando cada vez mais dura perto do topo.”

Friedrich Nietzsche

## **RESUMO**

Desde a inserção do posicionamento dinâmico nas operações offshore, observou-se a necessidade de se estabelecer um efetivo planejamento, preparação a fim de obtermos uma perfeita preservação das capacidades do posicionamento dinâmico durante eventos e atividades para prevenir acidentes e falhas operacionais. A perfuração, juntamente com suas diversas manobras em águas profundas, necessita cada vez mais do posicionamento dinâmico como meio de sustentação para um perfeito funcionamento da embarcação e suas atividades visando à segurança e proteção do meio ambiente. Devido a isso, serão elucidados os tipos de operações realizadas em navio-sonda na qual um completo entendimento se fará necessário a fim de que estas sejam feitas com o maior aproveitamento possível. Nesta monografia, serão mostrados procedimentos, regras e normas para um melhor planejamento e execução de tarefas relacionadas à perfuração utilizando o posicionamento dinâmico em águas profundas.

**PALAVRAS-CHAVE: PERFURAÇÃO – POSICIONAMENTO DINÂMICO – IMCA - IADC – ÁGUAS PROFUNDAS.**



## **ABSTRACT**

Since the introduction of the dynamic positioning in offshore operations, it was observed the need of establishing an effective planning and preparation in order to achieve the perfect preservation of its capabilities during tasks and activities to prevent accidents and operational failures. Drilling, along with their several maneuvers in deep water, needs each time more the dynamic positioning as means to support for a perfect operation of the vessel and its activities, aiming the safety and protection of the environment. Due to this, there will be elucidated types of operations in drillship wherein a full understanding will be necessary in order that they be made with the greatest possible utilization. In this monograph, there will be shown procedures, rules and standards for a better planning and execution of tasks related to drilling activities in deep waters using dynamic positioning.

**KEYWORDS:** drilling – dynamic positioning – IMCA – IADC – deep water

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Processo de extração de petróleo na costa da Califórnia.....	15
Figura 2 - Plataforma elevatória P-1.....	16
Figura 3 - Províncias petrolíferas brasileiras .....	16
Figura 4 - <i>Cuss 1</i> : O primeiro navio sonda .....	18
Figura 5 - Esquema simplificado de uma sonda.....	19
Figura 6 - Plataformas fixas germinadas de Pargo 1A e 1B .....	20
Figura 7 - Exemplo de uma plataforma auto-elevável .....	20
Figura 8 - Exemplo de uma Semi-submersível.....	21
Figura 9 - - Exemplo de um navio sonda.....	22
Figura 10 - Elementos de um sistema de posicionamento dinâmico .....	27
Figura 11 - Diagrama de um Sistema de Gerenciamento de Energia.....	30
Figura 12 - Configuração do DP Classe 1 .....	32
Figura 13 - Configuração do DP classe 2.....	33
Figura 14 - Configuração do DP Classe 3.....	34
Figura 15 - Exemplo da rede DGPS .....	37
Figura 16 - Princípio do SSBL.....	38
Figura 17 - Sistema LBL .....	40
Figura 18 - Exemplo de carta batimétrica.....	42
Figura 19 - Exemplo de um calculador automático da deriva .....	47

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>4</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>14</b>
<b>O PETRÓLEO E SUA EVOLUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1 - O surgimento da perfuração offshore no mundo.....	14
1.2 - A perfuração no Brasil.....	15
1.3 - Novos caminhos: o Pre-sal.....	17
1.4 - O primeiro navio sonda .....	17
1.5 - O molde de perfuração e os processos de exploração.....	18
1.6 - Construção de um poço petrolífero.....	19
1.7 - Tipos de plataformas.....	19
1.7.1 - Plataformas fixas.....	19
1.7.2 - Plataformas auto-eleváveis ou auto elevatórias (PA).....	20
1.7.3 - Plataformas semi submersíveis.....	21
1.7.4 - Navios sonda .....	22
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>23</b>
<b>O POSICIONAMENTO DINÂMICO (DP) E SEU EMPREGO EM NAVIOS SONDA.....</b>	<b>23</b>
2.1 - Definição de posicionamento dinâmico (DP).....	23
2.2 - Surgimento do posicionamento dinâmico .....	23
2.3 - Vantagens e desvantagens.....	24
2.3.1 - Desvantagens:.....	24
2.3.2 - Vantagens:.....	25
2.4 - Utilização e aplicação na atividade offshore.....	25
2.5 - Características de uma embarcação com posicionamento dinâmico.....	26

2.6 - Subsistemas do DP .....	27
2.6.1 - Sistema de potência. ....	28
2.6.2 - Sistema de atuação .....	28
2.6.3 - Sistema de sensoriamento .....	28
2.6.4 - Sistemas de controle .....	28
2.7 - Geração de energia:.....	29
2.8 - Distribuição de energia.....	29
2.9 - Gerenciamento de energia:.....	29
2.10 - Controle de propulsores: .....	30
2.11 - Forças externas atuantes em uma embarcação e a função do posicionamento dinâmico.....	31
2.12 - Graus de liberdade formados por uma embarcação. ....	31
2.13 - Redundância e as classes de DP. ....	32
2.13.1 - DP classe 1.....	32
2.13.2 - DP classe 2.....	33
2.13.3 - DP classe 3.....	33
2.14 - Sensores do sistema de posicionamento dinâmico. ....	34
2.14.1 - Anemômetro .....	34
2.14.2 - Agulha Giroscópica.....	35
2.14.3 - MRU / VRU .....	35
2.15 - Sensores de referência .....	36
2.15.1 - GPS.....	36
2.15.2 - DGPS.....	37
2.16.1 - Sistema de linha de base ultracurta (USBL) ou sistemas de linha de base super curta (SSBL).....	38
2.16.2 - Sistema de linha de base longa (LBL) .....	39
2.16.3 - Sistema linha de base curto (SBL).....	41
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>41</b>
<b>A PERFURAÇÃO E SUAS TÉCNICAS EM NAVIOS SONDA.....</b>	<b>41</b>
3.1 - Escolha da locação e aproamento.....	41
3.2 - Critérios específicos de operação para o poço – (WSOC) .....	43
3.3 - Níveis de alerta do DP .....	44
3.3.1 - Estado normal (cor verde).....	44

3.3.2 - Estado degradado (cor branca).....	44
3.3.3 - Estado operacional degradado (cor branca).....	44
3.3.4 - Estado degradado amarelo (parar e preparar para desconectar) .....	45
3.3.5 - Estado vermelho: Desconectar .....	46
3.3.6 - Estado vermelho direto: Desconectar. ....	47
3.4 - Calculador automático da deriva.....	47
3.5 - Operações críticas em navios sonda.....	48
3.6 - Outros tipos de operações .....	48
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>49</b>
<b>COMISSIONAMENTO, DESLOCAMENTO E MANOBRAS EVASIVAS EM UM NAVIO SONDA. ....</b>	<b>49</b>
4.1 - Comissionamento ou prova de mar. ....	50
4.2 - FMEA .....	51
4.3 - Diferença entre FMEA e os testes do DP .....	52
4.4 - Deslocamento.....	52
4.5 - Manobras evasivas em um navio sonda.....	54
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>58</b>

## INTRODUÇÃO

Desde sua descoberta, a indústria petrolífera precisou desenvolver tecnologias cada vez mais inovadoras de modo a suprir toda demanda mundial. Devido a isto, várias empresas se empenharam no aprimoramento das técnicas de extração de petróleo e gás em locais cada vez mais longínquos e difíceis.

Este trabalho mostra no primeiro capítulo, o desenvolvimento dessa indústria começando pelas primeiras áreas exploratórias de petróleo no Brasil e no mundo em seus diversos aspectos, modos e condições.

Todas as fases desta indústria, passando por sua simples extração perto de terra até os mais complexos modos de exploração necessitaram de meios para chegar ao mercado *offshore* atualmente. Graças ao posicionamento dinâmico, tornou-se mais viável esta exploração, utilizando embarcações com a capacidade de se manter estáveis em alto mar. No segundo capítulo, serão apontados os conceitos, a filosofia básica e as características do posicionamento dinâmico em embarcações operando em águas profundas.

No terceiro capítulo, é estudado como é feita a perfuração utilizando o posicionamento dinâmico como ferramenta para o sucesso das operações em alto mar com ênfase nas regras e diretrizes para a sua execução.

Todo o planejamento, cuidados necessários durante situações adversas de tempo e o devido controle para que sejam minimizados os riscos para a tripulação, a embarcação e o meio ambiente serão ilustrados no último capítulo como forma de embasar este trabalho.

# CAPÍTULO 1

## O PETRÓLEO E SUA EVOLUÇÃO.

Neste capítulo, é feito um histórico da evolução da exploração petrolífera no Brasil e no mundo, apontando os diversos modos para produção, prospecção e exploração do petróleo. Apontando ainda os tipos de trabalhos realizados nas atividades offshore, tipos de plataformas e suas particularidades.

### **1.1 - O surgimento da perfuração offshore no mundo.**

A perfuração offshore começou na costa de Summerfield, na Califórnia, ao sul de Santa Bárbara, em 1896. Para a extração do petróleo, foram construídas estruturas de madeira semelhantes a um imenso calçadão estendendo-se até uma distância de 1350 pés da costa e 35 pés de altura. Estruturas essas que utilizaram tubos de perfuração chegando a uma profundidade de 455 pés com técnicas similares às técnicas utilizadas em terra. Todavia, essa primeira experiência no mar para retirada de petróleo não obteve um bom rendimento sendo abandonada logo após o seu pico de produção em 1902 deixando para trás uma costa enegrecida pelo petróleo e construções de madeiras apodrecidas.

Mais tarde, em 1947 que o primeiro poço offshore, completamente fora de vista de terra, foi perfurado no Golfo do México. Desde então, a produção offshore, em particular nessa área, resultou na descoberta e o fornecimento de um grande número de grande depósito de hidrocarbonetos.

Figura 1 - Processo de extração de petróleo na costa da Califórnia



Fonte: <http://www.sbcountyplanning.org/energy/information>

## 1.2 - A perfuração no Brasil.

Em 1968, iniciaram-se as operações de prospecção *offshore* (marítima), com a descoberta do campo de Guaricema, em Sergipe. A plataforma Petrobras 1 (P-1) é construída pela Companhia de Comércio e Navegação no Estaleiro Mauá, em Niterói (RJ), com o projeto da *The Offshore Co. & Petroleum Consultants*, de Houston (EUA). Sendo ela a primeira plataforma de perfuração flutuante construída no Brasil, equipada com uma sonda capaz de perfurar poços de até quatro mil metros.



Figura 2 - Plataforma elevatória P-1.



Fonte: [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br) (set / 2012)

Entretanto, foi em Campos, no litoral fluminense, que a Petrobras encontrou a bacia que se tornou a maior produtora de petróleo do país. O campo inicial foi o de Garoupa, em 1974, seguido pelos campos gigantes de Marlim, Albacora, Barracuda e Roncador, somando-se hoje ao vasto número de reservas petrolíferas formando assim as províncias de petróleo no Brasil: Ceará, Potiguar, Sergipe–Alagoas, Espírito Santo, Campos e Santos.

Figura 3 - Províncias petrolíferas brasileiras



Fonte: [www.scielo.br](http://www.scielo.br) (set / 2012)

### **1.3 - Novos caminhos: o Pre-sal.**

O “pré-sal” é uma área de reservas petrolífera encontrada sob uma profunda camada de rocha salina, que forma uma das várias camadas rochosas do subsolo marinho.

As reservas do pré-sal encontradas no litoral do Brasil são as mais profundas em que já foi encontrado petróleo em todo o mundo. Representam também o maior campo petrolífero já encontrado em uma grande região abaixo das camadas de rochas salinas ou evaporíticas.

A camada pré-sal possui cerca de 800 quilômetros de extensão e 200 quilômetros de largura, e vai desde o litoral do Espírito Santo até Santa Catarina. A primeira área avaliada, Tupi, possui volumes estimados entre cinco e oito bilhões de barris, o que a classificaria como o maior campo de petróleo descoberto no mundo desde o ano 2000. As estimativas apontam que Tupi pode aumentar em mais de 50% as reservas da Petrobras.

### **1.4 - O primeiro navio sonda**

Em 1961, o navio sonda “Cuss 1”, construído para um consórcio formado pela *Continental, Union, Shell & Superior Oil* e operado pela *Global Marine*, atualmente *Transocean*, foi lançado com 4 impelidores controláveis. Enquanto ainda havia operadores para controlar a embarcação, ela era capaz de fazer uso de marcação e distância através de radares e sonares para determinar sua posição. Trabalhando com um raio de 180 metros, o “Cuss 1” era capaz de perfurar vários poços tendo o mais profundo 3500 metros de lâmina d’água.

Figura 4 - Cuss 1: O primeiro navio sonda



Fonte: [www.beaconmag.com/moholeproject](http://www.beaconmag.com/moholeproject)

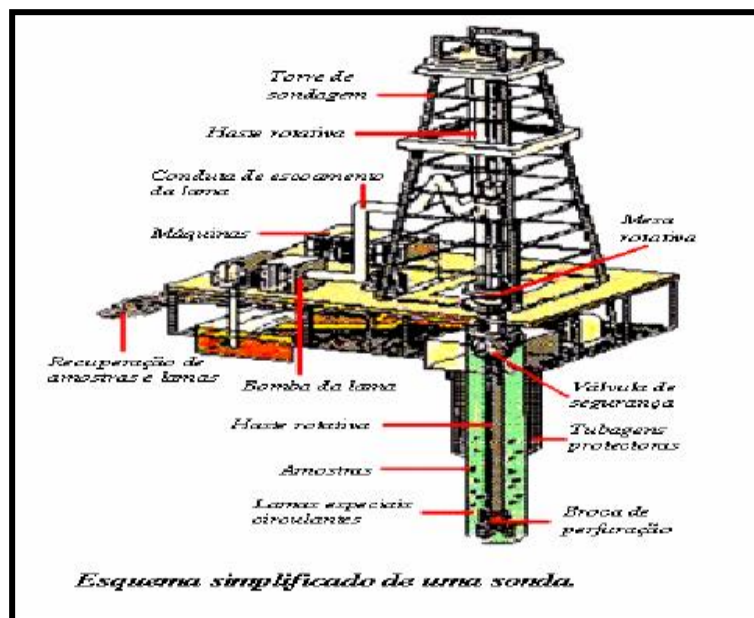
### **1.5 - O molde de perfuração e os processos de exploração.**

A exploração de petróleo no mar tem um desdobramento lógico similar ao da exploração em terra. Porém, além da especial logística exigida, o trabalho no mar está sempre em busca de novas tecnologias e modernos meios de transporte, visando atender a desafios cada vez mais complexos. A fase básica corresponde à pesquisa (ou exploração), cujo ciclo compreende os estudos geológicos e geofísicos até a perfuração do poço. Nessa etapa, embarcações especiais de apoio encarregam-se da localização geográfica no mar, por meio de equipamentos de alta precisão, como sistema de rádio localização, que passando a atuar com seus sensores e equipamentos sísmicos nas áreas pré-determinadas, efetuam os mapeamentos do local. Após a análise e interpretação dos dados obtidos por esses mapas é demarcado o local de perfuração. Feito isso, estará montado o cenário para a operação da plataforma, que se inicia com a perfuração do poço pioneiro da possível reserva. Só ele confirmará ou não a existência de petróleo na área, a sua vazão e a qualidade do mesmo.

## 1.6 - Construção de um poço petrolífero.

Durante a fase de criação de um poço quando em mar aberto, utiliza-se sondas modulares ou convencionais instaladas em plataformas auto-elevatórias, semi-submersíveis, navios-sonda ou até mesmo em unidades fixas.

Figura 5 - Esquema simplificado de uma sonda



Fonte: [www.galpenergia.com](http://www.galpenergia.com) (set / 2012)

## 1.7 - Tipos de plataformas.

### 1.7.1 - Plataformas fixas.

As plataformas fixas são estruturas apoiadas no fundo do mar por meio de estacas cravadas no solo, com o objetivo de permanecerem no local de operação por longo tempo. Foram as primeiras a serem utilizadas e têm sido as preferidas nos campos localizados em lâminas d'água até 300 m.

Figura 6 - Plataformas fixas germinadas de Pargo 1A e 1B



Fonte: [www.clickmacae.com.br](http://www.clickmacae.com.br) (set / 2012)

### 1.7.2 - Plataformas auto-eleváveis ou auto elevatórias (PA)

As plataformas auto-eleváveis (PAs) são constituídas, basicamente, de uma balsa equipada com estruturas de apoio, que acionadas mecânica ou hidráulicamente movimentam-se para baixo até atingirem o fundo do mar.

Figura 7 - Exemplo de uma plataforma auto-elevável



Fonte: [www.prevenlife.blogspot.com](http://www.prevenlife.blogspot.com) (set / 2012)

### 1.7.3 - Plataformas semi submersíveis.

As plataformas semi-submersíveis são compostas de uma estrutura de um ou mais conveses, apoiada por colunas em flutuadores submersos. Dois tipos de sistema são responsáveis pelo posicionamento da unidade flutuante: o sistema de ancoragem e o sistema de posicionamento dinâmico. O sistema de ancoragem é constituído de 8 a 12 âncoras e cabos e/ou correntes, atuando como molas que produzem esforços capazes de restaurar a posição do flutuante quando é modificada pela ação das ondas, ventos e correntes. No sistema de posicionamento dinâmico, não existe ligação física da plataforma com o fundo do mar, exceto a dos equipamentos de perfuração. Sensores acústicos determinam a deriva, e propulsores no casco acionados por computador restauram a posição da plataforma.

Figura 8 - Exemplo de uma Semi-submersível



Fonte: [www.portalmaritimo.com.br](http://www.portalmaritimo.com.br) (set / 2012)

#### 1.7.4 - Navios sonda

Navio sonda é um navio projetado para a perfuração de poços submarinos. Sua torre de perfuração localiza-se no centro do navio, onde uma abertura no casco permite a passagem da coluna de perfuração (moonpool). O sistema de posicionamento do navio sonda, composto por sensores acústicos, propulsores e computadores, anula os efeitos do vento, ondas e correntes que tendem a deslocar o navio de sua posição.

Figura 9 - - Exemplo de um navio sonda



Fonte: arquivo pessoal

## CAPÍTULO 2

### O POSICIONAMENTO DINÂMICO (DP) E SEU EMPREGO EM NAVIOS SONDA

Neste capítulo, será elucidado o conceito de posicionamento dinâmico, sua filosofia básica de funcionamento, característica de um equipamento DP e seus sistemas de referência comumente utilizados em navios sonda.

#### 2.1 - Definição de posicionamento dinâmico (DP)

Posicionamento Dinâmico (DP), é todo o sistema necessário para garantir que a embarcação possa se manter em posição e aproamento automaticamente quando operando no mar sem a necessidade de ancoragem ou amarração.

Tendo como referência um ponto fixo ou móvel no fundo do mar, sobre o qual a embarcação flutua para prover uma plataforma estacionária a partir da qual se podem realizar as operações marítimas desejadas como: lançamento de linhas, operações de mergulho, balizamento, inspeção, manuseio de ancoras e a perfuração de poços de petróleo. Sistema esse que mede os desvios aos valores de referência de aproamento e posição causada por forças externas como vento e corrente e as contrapõe através do empuxo e momentos de giro provocados pelos propulsores.

#### 2.2 - Surgimento do posicionamento dinâmico

Antes do surgimento dos sistemas de posicionamento dinâmico, a única forma de se manter uma embarcação em uma determinada posição era a utilização individual de seu sistema de propulsão à medida que o operador observava um afastamento da posição desejada. Com o uso do posicionamento dinâmico, as operações *offshore* ficaram mais rápidas e seguras já que não seria necessário o acionamento diversos comandos de propulsão de leme e de impelidores para manter uma embarcação em uma posição ou trajetória desejada.



Em 1840, o matemático e astrônomo George Biddell Airy, criou um telescópio com reposicionamento automático com um ajuste de velocidade controlável para guinar automaticamente, assim compensando a rotação da terra.

Mais tarde, como mencionado no capítulo anterior, entrou em atividade o navio sonda “Cuss 1”, sendo ela, a primeira embarcação com a capacidade de ser posicionado dinamicamente em uma lamina d’água de 948 metros através do uso de quatro propulsores em 1961 começando assim a utilização em grande escala do sistema “DP”.

Em 1980, o número de navios utilizando o sistema “DP” era em torno de 65 e em 1985 o número já era de 150 navios. Hoje em dia o número de embarcações que utilizam o sistema é cada dia maior, devido à variedade de tipos de navios em suas diversas operações.

### **2.3 - Vantagens e desvantagens.**

Embora o posicionamento dinâmico tenha estabelecido um marco para a atividade *offshore* trazendo eficiência, segurança e rapidez, é importante ressaltar também as desvantagens que serão relacionadas a seguir:

#### **2.3.1 - Desvantagens:**

- Alto custo de aquisição e operação;
- Possibilidade de perder a posição devido à falha de equipamento;
- Maiores taxas diárias (*hire*<sup>1</sup>) em comparação a unidades ancoradas;
- Maior consumo de combustível;
- Possibilidade de perder a posição em condições ambientais extremas ou águas rasas e fortes correntes;

---

<sup>1</sup> Termo em inglês utilizado para definir o valor diário de uma sonda.

- O controle de posição é ativo e depende de um operador.
- Depende de mais pessoas para operar e manter o equipamento;
- Propulsores (*Thrusters*) são perigosos para as operações de mergulho e ROV<sup>2</sup>.

### **2.3.2 - Vantagens:**

- A embarcação é autopropulsada, não necessitando de reboque em nenhuma fase de sua operação;
- Rápida disponibilidade para operação após a chegada à locação;
- A unidade é de fácil manobrabilidade;
- Respostas rápidas a mudanças de condições climáticas;
- Respostas rápidas a mudanças das demandas da operação;
- Versatilidades inerentes ao sistema;
- Habilidade de operar em qualquer profundidade.
- Pode completar tarefas curtas mais rapidamente, tornando-as mais econômicas;
- Evita o risco de dano ao equipamento submarino;
- Evita o risco de cruzamento entre linhas de ancoragem ou plataformas fixas;
- Pode mudar de locação rapidamente.

## **2.4 - Utilização e aplicação na atividade offshore.**

Com o posicionamento dinâmico, tornou-se mais fácil e prática as operações e manobras em uma embarcação, dentre eles poderemos citar:

---

<sup>2</sup> *Remotely operated Vehicle* – Veículo subaquático operado remotamente.

- Manutenção de posição para operações de içamento;
- Manutenção de rumo;
- Amortecimento de movimento do navio;
- Manobra de aproximação;
- Manutenção de derrota;
- Lançamento de dutos;
- Abastecimento no mar;
- Pouso de helicópteros;
- Unidades de perfuração;
- Unidades de produção;
- Navios tanques aliviadores;
- Estimulação de poço e “*workover*”;
- Embarcação “*suplly*”;
- Suporte a mergulho (DSV);
- Lançamento e reparo de cabos submarinos;
- Unidade multi-propósito;
- Serviços de “*flotel*”;
- Levantamento hidrográfico;
- Pesquisa oceanográfica;
- Unidades de resgate e salvamento;
- Mineração subaquática;
- Varredura de minas;
- Navios de passageiros;
- Plataforma para lançamento de foguetes.

## **2.5 - Características de uma embarcação com posicionamento dinâmico.**

Devido ao custo de instalação, a maioria das unidades com posicionamento dinâmico é projetada somente para tarefas associadas ao tipo de trabalho a ser

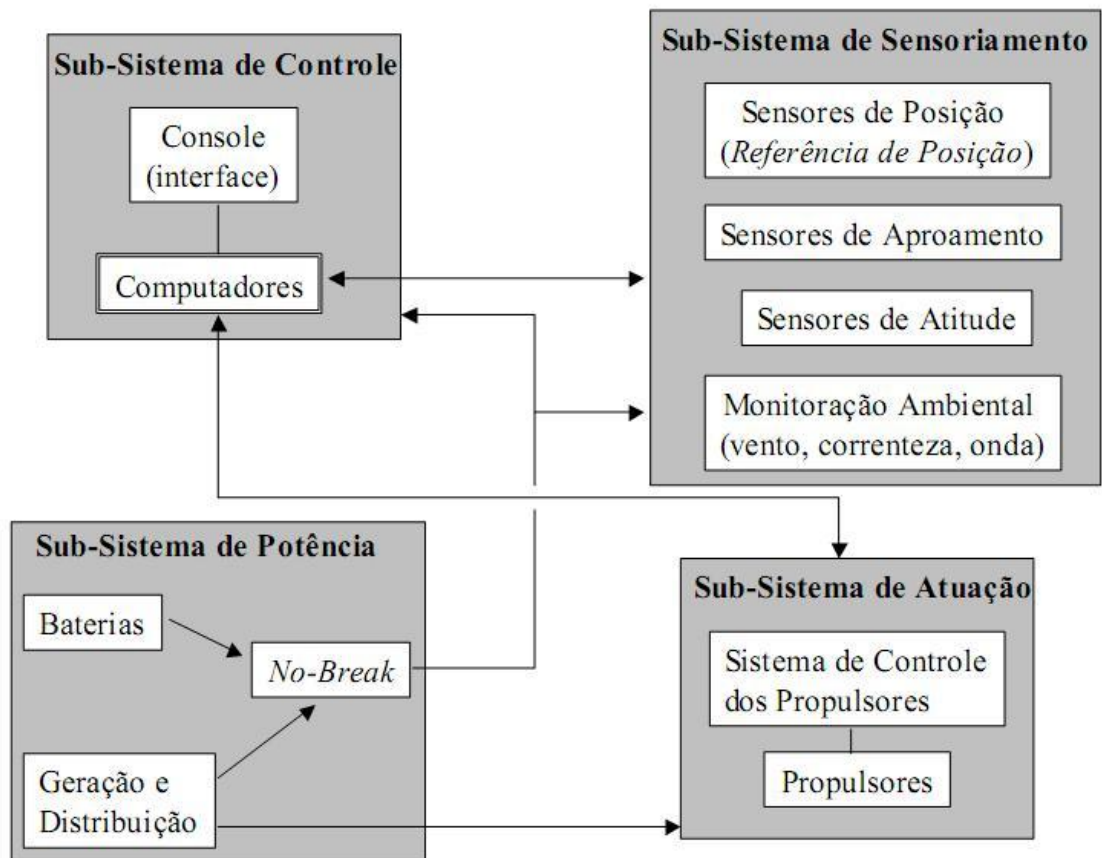
realizado, formando assim o nível de segurança do sistema DP e a maneira na qual a embarcação se move e se orienta no sentido de cumprir às exigências da tarefa.

Outro fator importante que deve ser levado em consideração é a redundância do sistema que irá depender do risco associado à perda de posição durante uma operação, quantidade de sistemas de referência de posição, forças ambientais e o comportamento da embarcação.

## 2.6 - Subsistemas do DP.

Como parte constituinte do sistema DP, é importante mencionar seus subsistemas relacionados a seguir:

Figura 10 - Elementos de um sistema de posicionamento dinâmico



Elementos de um SPD

### **2.6.1 - Subsistema de potência.**

É responsável por fornecer energia aos propulsores, alguns sensores e aos elementos de controle consumindo grande parte de energia produzida principalmente devido às súbitas mudanças das condições ambientais. Por isso, o subsistema de potência deve ser flexível para evitar o consumo desnecessário de combustível.

### **2.6.2 - Subsistema de atuação**

É responsável por fornecer as forças necessárias para o posicionamento da embarcação. Subsistema composto pelos diversos tipos de propulsores e pelos sistemas de controle associados a cada um deles sendo os *tunnel thrusters* e os propulsores azimutais os tipos mais comuns de propulsores empregados no *offshore*.

### **2.6.3 - Subsistema de sensoriamento**

Composto pelos equipamentos responsáveis por fornecer as informações necessárias para que o controlador posicione a embarcação de forma desejada empregando diversas tecnologias como o GPS, sistemas hidroacústicos, radares por micro-ondas, cabos tensionados entre outros.

### **2.6.4 - Subsistemas de controle**

É composto pelos computadores e pelo console de interface (MMI – *man machine interface*), sendo esse subsistema responsável por toda a lógica de controle pelo posicionamento da embarcação, distribuição das forças de comando pelos propulsores de modo a minimizar o consumo de potência.

## **2.7 - Geração de energia:**

No conceito de geração de energia, a energia elétrica é fornecida por vários geradores de corrente alternada operando em paralelo. Os geradores estão ligados a quadros por meio de disjuntores que permitem que os geradores e cargas elétricas, como propulsores, serviço de transformadores e motores para serem acionados conforme necessário. Um barramento típico têm quatro, seis ou oito geradores conectados a dois ou mais quadros.

## **2.8 - Distribuição de energia**

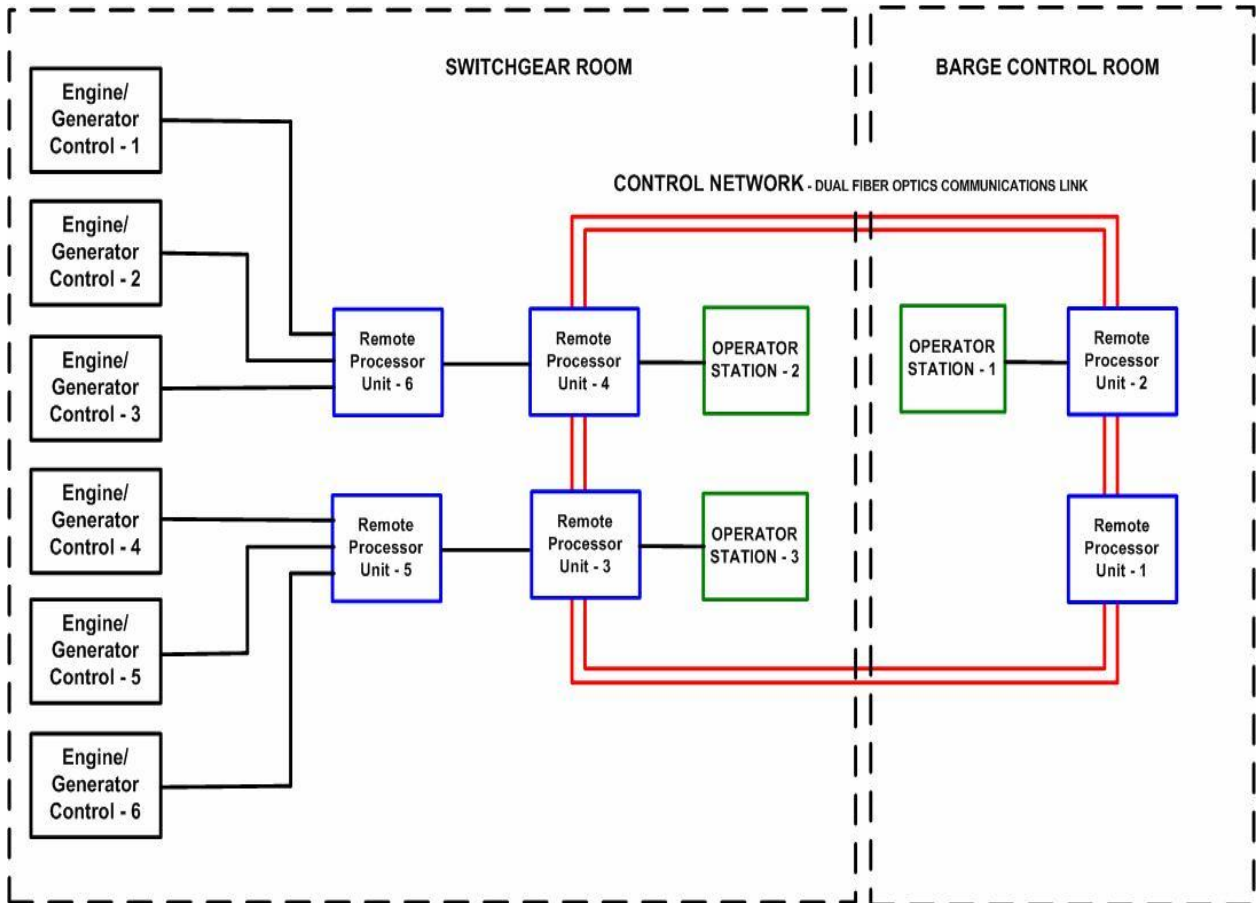
O esquema de distribuição de energia de um sistema DP forma a parte crucial para o perfeito funcionamento do conceito de redundância para uma embarcação com posicionamento dinâmico, como geradores, propulsores e serviços auxiliares são divididos em grupos determinando em grande parte o pior ponto de falha e conseqüentemente, sua capacidade de manter a posição após a ocorrência de uma falha. É prática comum para descrever a parte elétrica do conceito de redundância utilizando a forma de um diagrama de sistema de energia em linha única

## **2.9 - Gerenciamento de energia:**

O Sistema de gerenciamento de energia, ou (*PMS*) como é conhecido nas embarcações com DP, é uma crucial parte dos sistemas de automação e energia em embarcações, em particular para navios com propulsão elétrica e responsáveis por manter a posição fixa a um ponto. A *PMS* controla a energia de modo a maximizar a prevenção contra o blecaute e minimizar o consumo de combustível. Ela ainda se mostra útil na diminuição dos custos de manutenção através da proteção dos

equipamentos contra falhas ou mau funcionamento. Através da interação entre o *PMS* e outros sistemas de controle, o desempenho da embarcação poderá ser maximizado.

Figura 11 - Diagrama de um Sistema de Gerenciamento de Energia



## 2.10 - Controle de propulsores:

Os propulsores funcionam através de um sistema de controle de circuito fechado. No caso dos propulsores azimutais com hélices de passo controlável, este circuito aceitará tanto os comandos de governo quanto os de controle do passo através do DP. Seu funcionamento se dará utilizando sistemas hidráulicos de modo que seja alcançado tanto o azimute quanto o passo desejável. No caso de propulsores com passo fixo, o

circuito em *loop* fechado funcionará através de um controle para a variação da velocidade.

### **2.11 - Forças externas atuantes em uma embarcação e a função do posicionamento dinâmico.**

Uma embarcação para se movimentar ou para permanecer em uma posição predefinida, necessita de superar ou igualar as resultantes formadas pelas condições ambientais (vento, ondas e corrente) e forças de resistência da embarcação. Forças essas que podem variar de acordo com o formato da embarcação, a rugosidade do casco e seus apêndices, calado, área vélica e viscosidade da água. Como objetivo principal, o sistema DP calcula o desvio entre a posição atual do navio e a posição requisitada pelo operador, determinando a força necessária que os propulsores devem exercer para que o desvio seja o menor possível.

### **2.12 - Graus de liberdade formados por uma embarcação.**

O posicionamento dinâmico está relacionado com o controle automático de oscilação do avanço ou recuo (*Surge*), abatimento (*Sway*), pois estes comprometem a posição da embarcação, enquanto o cabeceio (*Yaw*) responsável pelas mudanças de aproamento, sendo todos controlados pelo sistema DP conforme comando do operador.

A posição é medida por um ou mais de um conjunto de referências de posição, enquanto que a informação sobre o aproamento é fornecida a partir do uso de uma ou mais agulhas giroscópicas. A diferença entre o valor nominal e o retorno é o erro ou desvio, e o sistema de DP opera para minimizar esses erros.

A embarcação deve ser capaz de controlar a posição e o aproamento dentro de limites aceitáveis, em face de uma grande variedade de forças externas. Se essas forças são medidas diretamente, os controladores poderão aplicar a compensação imediata. Um bom exemplo disto é a compensação para as forças do vento, em que uma medição contínua, está disponível a partir do uso de anemômetros. O operador DP (*DPO*) pode escolher uma nova posição utilizando as instalações do console de controle. O *DPO* pode também escolher a velocidade com que ele quer que o navio se mova. Da mesma forma, o operador pode introduzir um novo aproamento. O navio irá



girar para a nova proa, utilizando a razão de guinada selecionada, mantendo a posição sobre o centro de giro da embarcação, se necessário.

### 2.13 - Redundância e as classes de DP.

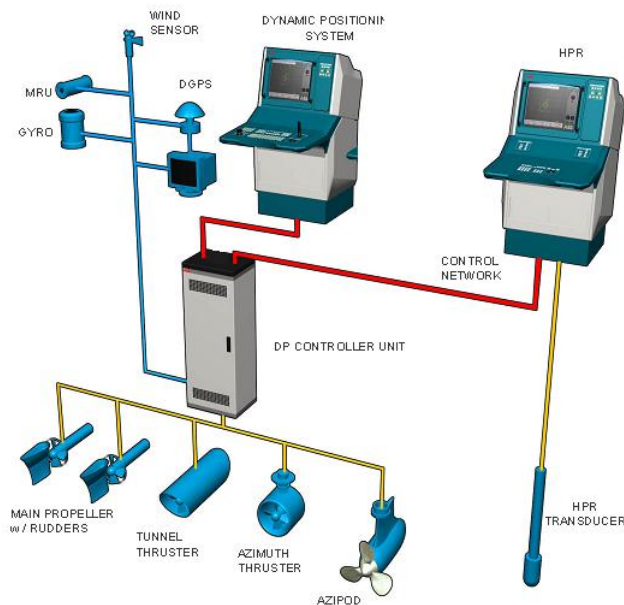
Redundância é a habilidade de um componente do sistema DP de manter a posição, informação ou de restaurar sua função, quando uma falha simples ocorre. A redundância pode ser alcançada, por exemplo, com a instalação de múltiplos componentes, sistemas ou alternativos meios de desempenhar uma função.

Para um perfeito funcionamento de uma embarcação DP, a IMO dividiu todas as embarcações em três classes em função de suas atividades, riscos e graus de confiabilidade do sistema elucidados a seguir:

#### 2.13.1 - DP classe 1.

- A perda da posição pode ocorrer devido a uma simples falha.
- O controle da posição e aproamento podem ser feito manualmente ou automaticamente.
- Embarcação não redundante.

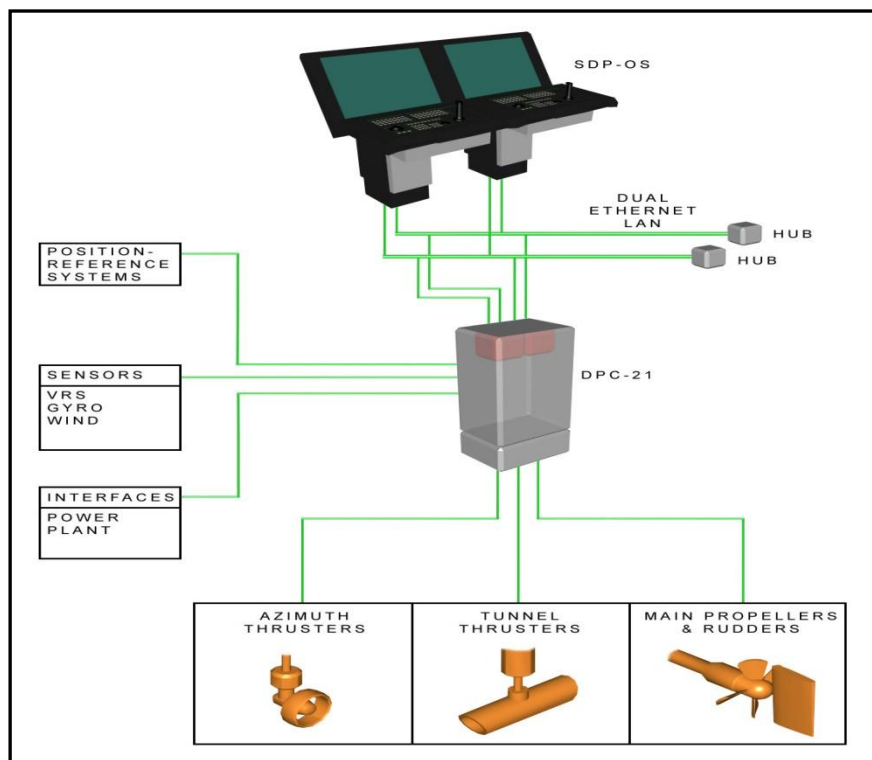
Figura 12 - Configuração do DP Classe 1



### 2.13.2 - DP classe 2.

- Controle manual ou automático da posição.
- Navio com redundância de sistema e equipamentos.
- A perda da posição não pode ocorrer devido a uma falha nos componentes ativos ou sistemas. (geradores, chaves, válvulas de controle à distância, etc.).

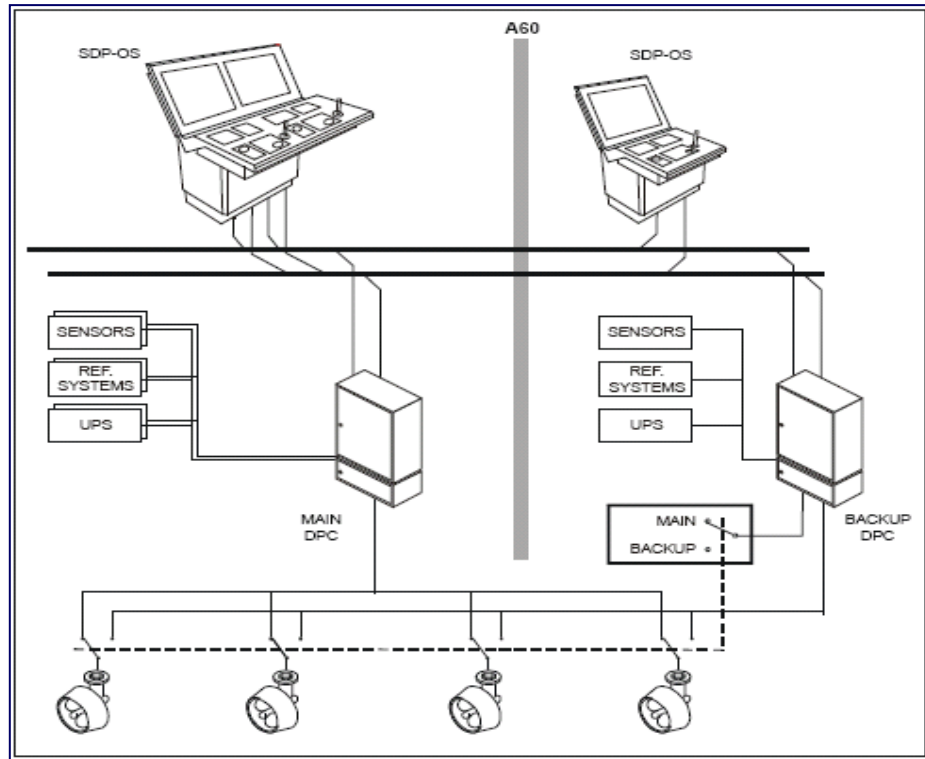
Figura 13 - Configuração do DP classe 2



### 2.13.3 - DP classe 3.

Para essa classe, a perda da posição não pode ocorrer devido a uma falha nos componentes ativos ou sistemas, mas pode ocorrer devido a falhas em quaisquer componentes estáticos, tais como: cabos, dutos, válvulas manuais, etc. Como critério para falha, vale a regra anterior, porém, com a adição de um compartimento ou subdivisão estanque e a prova de fogo separado por uma anteparo classe A 60.

Figura 14 - Configuração do DP Classe 3



## 2.14 - Sensores do sistema de posicionamento dinâmico.

### 2.14.1 - Anemômetro

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

O fato da mudança brusca na intensidade do vento (rajadas) desde o início foi motivo de preocupação para os engenheiros dos 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 atuando diretamente nos propulsores de modo que a força componente do vento fosse corrigida de forma imediata pelo sistema sem uma deriva significativa no posicionamento da embarcação.

### 2.14.2 - Agulha Giroscópica

Dentre os três graus de liberdade controlados pelo sistema de posicionamento dinâmico mencionados anteriormente (*Surge*, *Sway* e *Yaw*), o aproamento (*Yaw*) terá preferência na correção devido ao valor de entrada (*input*) direto das agulhas giroscópicas fazendo com que o aproamento pré-estabelecido pelo operador ou segundo a menor resultante das forças ambientais, a fim de minimizar a potência despendida 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 essas voltagens são reconvertidas em ângulos mediante a uma função arco-tangente.

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

A referência de aproamento é fornecida por uma ou mais agulhas giroscópicas. A duplicação da giro é geralmente fornecida mesmo em embarcações de classe 1. O operador de DP pode selecionar uma das giros como sendo a referência, ou seja, o sistema DP lerá o *input* da giro selecionada como preferida, enquanto mantendo uma função de comparação com a outra (ou outras). Se a agulha giroscópica preferida falha de uma maneira tal que o sistema é capaz de identificar, como por exemplo: bloqueio de sinais, interrupção de energia ou interferências, o sistema irá automaticamente mudar. Caso existiam três agulhas giroscópicas, estará habilitado, se assim o programa tiver, a função de eleição, comumente chamado de *input voting*.

### 2.14.3 - MRU / VRU

O 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 corrigir os 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 grandemente afetado. O chamado sensor de Unidade de Referência de Movimento (*Motion Reference Unit (MRU)*) fornece basicamente os valores da *VRU* acrescentado do movimento de arfagem (*heave*). As *VRUs* ou *MRUs* também necessitam de redundância.

## **2.15 - Sensores de referência**

Nos navios sonda, os sistemas mais comumente utilizados serão descritos a seguir:

### **2.15.1 - GPS**

O Sistema de Posicionamento Global por Satélite (*Global Positioning System - GPS*) é um sistema por satélites baseado num sistema de radio navegação desenvolvido e operado pelo Departamento de Defesa Americano.

O *GPS* foi desenvolvido durante o começo da década de 70 e ficou totalmente operacional no final da década de 80. Ele foi planejado para substituir o velho sistema *Transit*, que foi desenvolvido no começo dos anos 60. O *GPS* é hoje o sistema de navegação mais usado no mundo. Esse sistema permite usuários em terra, mar e ar determinarem a sua posição tridimensionalmente, velocidade e hora 24 horas por dia em todas as condições de tempo em qualquer lugar do mundo com a precisão e exatidão muito melhor que os outros sistemas de navegação.

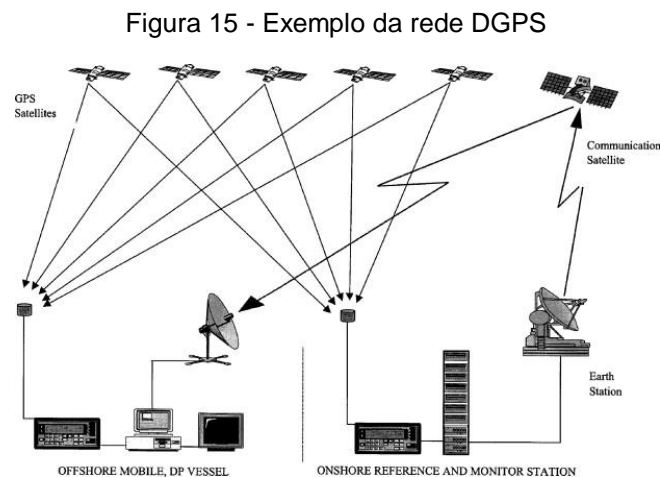
O sistema *GPS* consiste em 3 segmentos: Espacial, Controle e o Usuário. O segmento espaço consiste de 24 satélites operacionais (3 destes são satélites reservas). Os satélites viajam em 6 órbitas circulares com 4 satélites em cada órbita 20200 km acima da terra em um ângulo inclinado de 55 graus, por causa disso a qualquer hora um mínimo de 6 satélites estarão disponíveis para os usuários em qualquer lugar do planeta. Os satélites continuamente transmitem dados de sua

posição e hora para os usuários em todo o planeta. Hoje em dia, em torno de 30 satélites giram ao redor do planeta Terra.

### 2.15.2 - DGPS

De modo a obter uma maior precisão, criou-se um sinal diferencial atrelado ao GPS. O princípio envolve o estabelecimento de estações de referência em terra em uma posição conhecida e precisa, monitorando as transmissões dos satélites do sistema GPS. A estação referência constantemente compara a sua própria posição com a posição do computada pelo GPS. As diferenças, entre a posição exata da estação e a estabelecida pelo GPS são computadas e então retransmitidas para todas as embarcações com sinal DGPS.

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 via Alta Frequência (*High Frequency - HF*) ou por dedicados satélite de comunicações do sistema (*Spotbeam*) ou (*Inmarsat*). Essas correções diferenciais são então aplicadas para corrigirem as falsas distâncias em cada satélite recebido pelo GPS na embarcação



## 2.16 - Sistemas acústicos.

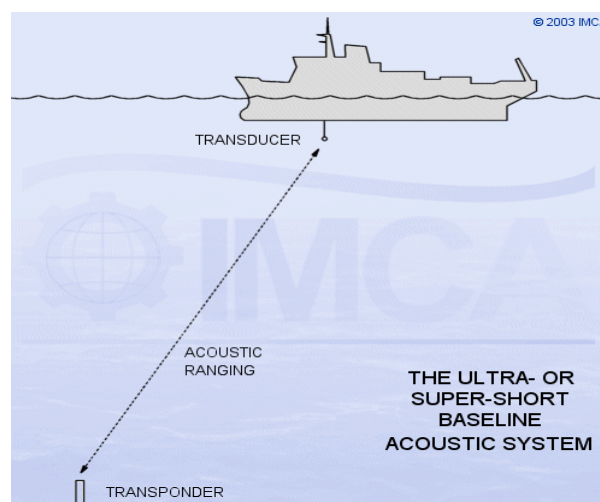
A utilização de equipamentos acústicos como um meio de referência constitui uma forma de prover um meio independente para o cálculo de sua posição já que não necessitará de meios que não são ligados diretamente à embarcação como no caso do DGPS, que utiliza informações de satélites e estações retransmissoras. O sistema acústico de referencia poderá chegar a uma precisão de menos de 1% da lamina d'água dependendo do sistema utilizado.

Existem três tipos de sistemas de referência acústicos de uso comuns exemplificados a seguir:

### 2.16.1 - Sistema de linha de base ultracurta (USBL) ou sistemas de linha de base super curta (SSBL)

O princípio de funcionamento das medições envolve a comunicação utilizando frequências hidroacústicas entre um transdutor e um ou mais *transponders* no fundo do mar. O sistema SSBL funciona através da medição do ângulo formado no transdutor, sendo que os sensores nesse transdutor possuem um espaçamento muito curto, com isso, formando um sistema de linha de base na própria cabeça do transdutor.

Figura 16 - Princípio do SSBL



Fonte: IMCA

Um pulso interrogativo é transmitido pelo transdutor. Este pulso é recebido pelo transponder no fundo do mar o qual replicará. O sinal recebido é transmitido pelo transdutor. O tempo de envio ou recebimento do pulso será proporcional à distância oblíqua entre o transponder e o transdutor de modo que a marcação e a distância seja determinada. Os ângulos e as distâncias definem a posição da embarcação em relação ao transponder. Todas as medidas são compensadas pelo MRU para corrigir o balanço e o cabeceio da embarcação.

A embarcação deve lançar pelo menos um transponder com bateria que poderão ser lançados com um cabo através da própria embarcação, utilizando um ROV ou simplesmente largando-os pelo costado.

O desempenho de um sistema acústico é geralmente limitado às condições ambientais, interferência dos propulsores além de outras fontes de aeração e turbulência determinando assim a eficácia do posicionamento através do uso de sistema acústico.

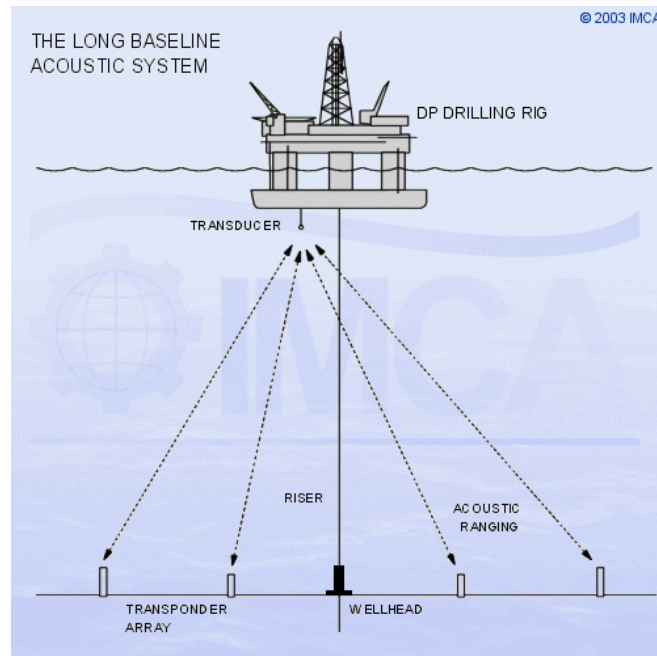
Atualmente, existem vários fabricantes de sistemas acústicos dentre eles: Kongsberg Simrad, Sonardyne e Nautronix. Todas as frequências utilizadas operam na faixa de 20-30 kHz de frequência. Alguns *transponders* são compatíveis com mais um fabricante.

### **2.16.2 - Sistema de linha de base longa (LBL)**

Em águas profundas, onde a eficácia de alguns sistemas é degradada, o sistema *LBL* torna-se mais adequado sendo comumente utilizados em navios sondas que operam em lamina d'água de mais de 1000 metros.



Figura 17 - Sistema LBL



Fonte: IMCA

O sistema de linha de base longa utiliza uma formação de três ou mais *transponders* no fundo do mar em torno da cabeça do poço. Tipicamente essa formação se constituirá como um pentágono sendo o navio sonda posicionado no topo. Um transdutor na embarcação atuará como interrogador para a formação dos *transponders*, porém, ao invés de medir a marcação e distância, somente a distância será marcada uma vez que as distâncias na formação já foram medidas previamente durante a calibração.

A posição é obtida através da distância geométrica entre as posições dos *transponders* no fundo do mar. A calibração é feita de modo que cada transponder possa interrogar todos os outros dentro da formação em uma sequência. No caso de a interrogação ocorrer no mesmo tempo, a embarcação utilizará o DGPS ou outro sistema de referência geográfica para a calibração. A precisão é de cerca de 2 metros, porém, as atualizações podem ser demoradas devido à velocidade do som na água (1500m/s).

### **2.16.3 - Sistema linha de base curto (SBL)**

Similar ao *LBL*, com a exceção da formação ser feita pelos transdutores (*hydrophones*) acoplados ao casco da embarcação e as linhas de base sendo a distância entre eles. A precisão poderá ser melhor do que o USBL ou SSBL e trabalhar somente utilizando um transponder, porém, ainda dependerá de correções devido à movimentação da embarcação (movimentos de *roll* e *pitch* que serão corrigidos pelo VRU e MRU).

## **CAPÍTULO 3**

### **A PERFURAÇÃO E SUAS TÉCNICAS EM NAVIOS SONDA**

Para um perfeito funcionamento de um poço em águas profundas, é necessário o cumprimento de diversas diretrizes, procedimentos e técnicas exclusivas que foram desenvolvidas com o avanço da perfuração *offshore*. Um dos maiores problemas seria o posicionamento da sonda e a importância de mantê-la na posição desejada para que todas as fases do poço sejam completadas com êxito. Nesse capítulo, será elucidado como é feito o planejamento de um poço, equipamentos utilizados e a influencia que é causada no posicionamento dinâmico de uma embarcação.

#### **3.1 - Escolha da locação e aproamento.**

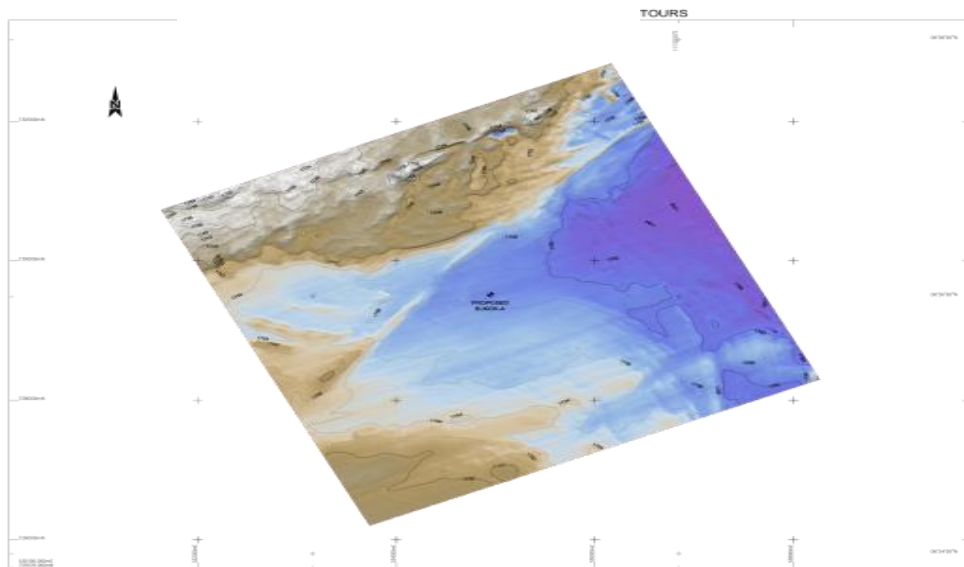
Devido ao formato do casco de um navio sonda ser único se comparado ao de uma semi submersível, o navio necessita aproar para as forças resultantes ambientais de modo que seja reduzido o consumo de energia, carga nos propulsores e bem estar à tripulação. Para tal, cabe ao cliente, fornecer dados tanto da batimetria quanto da prevalência dos ventos e correntes na área (bloco) onde o poço será perfurado.

Com essas informações, o operador de DP escolherá o aproamento que será utilizado como a proa do equipamento subaquático responsável pelo fechamento do poço em condições emergenciais, o BOP – *blow out preventer*.<sup>3</sup>

Acoplado ao BOP, encontra-se as linhas *choke* e *kill* responsáveis pela manutenção da pressão no poço e injeção de fluidos. Esta linha desce ao fundo em paralelo ao *risers*<sup>4</sup> não permitindo que o navio gire mais de 360° em torno do seu eixo.

De modo a evitar que a angulação máxima seja alcançada, é comum escolher como aproamento para o BOP a direção onde se encontra a maior resultante das forças geradas pelo vento e pela corrente e deste modo, a embarcação terá 180° de liberdade para girar em ambas as direções.

Figura 18 - Exemplo de carta batimétrica



Fonte: Petronas, Malásia

<sup>3</sup> Conjunto de válvulas de segurança que tem a função de conter a pressão do poço.

<sup>4</sup> Estruturas tubulares esbeltas que ligam a cabeça do poço à unidade de perfuração.

### 3.2 - Critérios específicos de operação para o poço – (WSOC)

Os critérios específicos de operação para o poço – *Well specific operation criteria* – WSOC constituem uma ferramenta muito importante para ser estabelecido em cada poço. Todos os procedimentos e os limites operacionais adotados para o sucesso de uma desconexão em caso de emergência sem consequências ao meio ambiente, ao navio ou ao equipamento.

O Propósito do WSOC é identificar situações críticas que influenciam uma unidade com posicionamento dinâmico e de garantir uma desconexão de emergência em tempo hábil em caso de falha. Mediante a identificação dos itens críticos, se desenvolvendo uma análise de riscos e de procedimentos para que se tenham antecipadamente ações eficazes que permitam classificar a relevância de cada item numa linha de decisão, e iniciar o correto nível de alerta do DP.

Do WSOC, devem constar com orientações como:

- A localização de outras unidades na região – com o objetivo de prestar ou pedir socorro em caso de emergência, coordenação de operações simultâneas, informações sobre o equipamento acústico a ser utilizado para que não haja interferência entre as unidades.
- As condições ambientais para a área – é importante ter um prognóstico de todo o comportamento das condições climáticas durante o período em que uma unidade estiver em operação na localidade em questão.
- A indicação dos estados degradados do DP
- A definição de quando será executada uma desconexão de emergência, identificando os problemas que podem ocorrer nessa desconexão e estabelecer uma rota de fuga (encaminhar a unidade para uma área com maior profundidade).
- A indicação de todas as pessoas envolvidas na faina de desconexão e suas atribuições e com a devida ciência do gerente da unidade e do operador (cliente).

### **3.3 - Níveis de alerta do DP**

Para que sejam classificados os níveis de emergência em um sistema DP, a maioria das empresas de perfuração adota o conceito de níveis de alerta, definidos nos seguintes seguimentos:

#### **3.3.1 - Estado normal (cor verde)**

O estado normal é aplicado quando a unidade de perfuração esta conectada ao poço, operando normalmente, com todos os sistemas disponíveis e com toda a redundância necessária estabelecida pelo WSOC e que a demanda de energia para a propulsão é menor que a máxima potencia necessária para manter a embarcação na posição desejada no caso de uma simples falha e que não há risco de colisão iminente com outra embarcação.

#### **3.3.2 - Estado degradado (cor branca)**

O estado degradado branco é ativado quando a embarcação é capaz de manter sua posição, porém foi detectada a perda da capacidade operacional segura da unidade. No que se refere à manutenção da posição como, a perda de um dos sistemas de referência, um dos sensores do sistema de posicionamento dinâmico, a falha temporária de um propulsor, a posição e o aproamento encontram-se fora dos limites pré-estabelecidos ou quando existem operações simultâneas em que o risco de colisão precise ser monitorado.

O estado degradado branco não significa necessariamente que a unidade deverá cessar suas atividades, porém, um estado informativo deve ser criado, de modo que os responsáveis gerais da perfuração (Cliente, gerente da sonda e comandante) possam avaliar e decidir sobre a continuação dos trabalhos.

#### **3.3.3 - Estado operacional degradado (cor branca)**

Existe também a condição do estado operacional degradado desde que não traga nenhum malefício ao posicionamento da embarcação. Esforços excessivos na cabeça do poço devido a corrente de fundo, ou o peso de toda a coluna de perfuração atuando sobre o poço, podem levar a uma deflexão excessiva do *ball joint*<sup>5</sup>.

O afastamento ou *offset* é um dos principais parâmetros de uma sonda de posicionamento dinâmico em águas profundas. A deflexão do *ball joint* precisa ser continuamente monitorada através do uso de um sensor elétrico, o ERA – *electronic riser angle*, de modo que não sejam ultrapassados os limites pré-estabelecidos no WSOC.

Uma das maneiras de diminuir a deflexão é mover a sonda. Variando a posição dentro de uma distância de passeio admissível pelos limites de afastamento ou aumentando a tensão nos tensionadores dos dutos de ligação ou *risers*. Outros parâmetros devem ser levados em consideração capacidade dos tensionadores dos *risers*, limite superior de inclinação do *ball joint*, curso da junta telescópica (*slip joint*) e inclinação máxima para a *slip joint* não bater nas paredes do *moon pool* (crítico em navios-sondas), máximo *offset* admissível pela análise dos dutos de ligação (*riser analysis*).

Caso não seja possível reduzir a deflexão do *ball joint*, a sonda encontrar-se-á em estado operacional degradado: recomenda-se interromper, ficar na condição mais segura em relação ao poço (coluna acima do *BOP*), a partir daí aguardar melhoria das condições de mar ou até mesmo desconectar.

#### **3.3.4 - Estado degradado amarelo (parar e preparar para desconectar)**

O estado degradado amarelo pode ser definido como um estado degradado quando as seguintes condições forem encontradas:

---

<sup>5</sup> Juntas flexíveis *flex joint* / *Ball joint* têm a função de permitir o movimento relativo do *riser* para que as suas altas tensões não sejam transferidas para o *BOP*

- Uma falha em um subsistema, deixando o sistema DP em um estado degradado (possivelmente após uma reconfiguração), porém, sem nenhuma redundância disponível, de modo que uma falha adicional acarretaria a perda da posição;
- A capacidade da embarcação de manter a posição está se deteriorando ou é instável;
- O ângulo do *ball joint* atingiu 2°;
- O passeio que a embarcação faz sobre a posição desejada é superior ao estabelecido através do WSOC para a lâmina d'água de trabalho ou as condições ambientais atuais;
- Risco de colisão iminente com outra embarcação;
- Quando o operador DP julgar que as condições climáticas não são favoráveis para as atividades de perfuração.

Quando o alarme de estado degradado é acionado, a equipe de perfuração, juntamente com o encarregado da sonda, comandante e o cliente, tomarão as devidas iniciativas para preparação para a desconexão.

### **3.3.5 - Estado vermelho: Desconectar**

Um alerta vermelho existe quando o *riser* não pode ser mais mantido dentro dos limites operacionais ou a unidade de perfuração perdeu a capacidade de manter a posição. Uma desconexão imediata é requerida de modo a prevenir a poluição, danos materiais e pessoais. Os seguintes fatores caracterizam o estado de alerta vermelho:

- A posição da embarcação cruza o círculo vermelho estabelecido pelo WSOC;
- A velocidade na qual a unidade varia sua posição é tal que não haverá tempo de para-la antes de atingir o limite do círculo vermelho;
- Falhas no sistema de energia da unidade de modo que não há tempo para o reestabelecimento antes de atingir o ponto de desconexão;
- Existe um risco iminente de colisão;
- Situação do poço fora de controle.

### 3.3.6 - Estado vermelho direto: Desconectar.

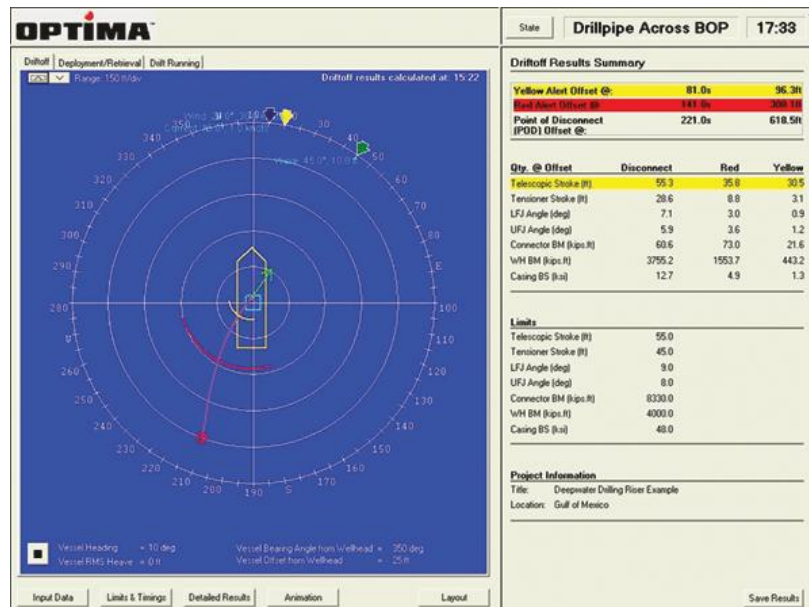
Caso a unidade venha a perder sua planta de geração de energia, afetando conseqüentemente os subsistemas do DP, mesmo que não haja uma deriva da embarcação para fora do limite estabelecido pelo WSOC ou uma deflexão maior que 2°, o operador DP poderá ativar o alarme vermelho de imediato e dar início a sequência de desconexão do poço.

### 3.4 - Calculador automático da deriva.

Em alguns navios sonda mais modernos, utiliza-se de um modelo matemático que calcula automaticamente os círculos (amarelo e vermelho) que vão permitir o passeio (*drift*) da embarcação e a direção da deriva até que ela atinja o ponto de desconexão.

Esses círculos são atualizados automaticamente devido ao recebimento das informações ambientais (vento e corrente calculada pelo DP), fazendo que os círculos fiquem cada vez menores à medida que as condições ambientais se deterioram.

Figura 19 - Exemplo de um calculador automático da deriva



Fonte: [www.offshore-mag.com](http://www.offshore-mag.com) (set / 2012)



### **3.5 - Operações críticas em navios sonda**

As operações críticas são operações que de forma direta ou indireta apresentam risco de poluição, contaminação ou perda de controle do poço, altos prejuízos materiais e risco a integridade física das pessoas, principalmente no caso de desconexão de emergência mal sucedida. São exemplos de operações críticas na perfuração: passagem de ferramentas e revestimentos pelo BOP, operações de perfilagem com material radioativo, teste do poço com uso dos queimadores e todas as operações com o poço exposto.

Analisando as operações dois tipos de situações podem ocorrer:

- Estado degradado constatado antes da operação crítica - Não se inicia operação crítica em Estado de operação degradado.
- Estado degradado constatado durante a operação crítica – Deve-se interromper a operação e atingir o mais rápido possível a condição mais segura para eventual desconexão.

### **3.6 - Outros tipos de operações**

Existem outras operações em navios sonda que se a devida cautela não for tomada, poderá acarretar a perda da posição e possivelmente uma desconexão. Tais operações serão elucidadas a seguir:

- Descarga da lama dos tanques: O descarte de lama no mar nunca deverá ser feito sem o consentimento do DPO, que por sua vez irá verificar a deriva de modo que o descarte da lama seja feito na direção da corrente para que haja interferência no recebimento dos sinais acústicos pelos transdutores encontrados no casco da embarcação;
- Operações com embarcações supridoras: Sempre quando possível toda a embarcação supridora deverá se aproximar de um navio sonda pelo bordo favorável, ou seja, pelo bordo oposto de onde as resultantes das forças se encontram.

- Manutenção de geradores, transformadores e propulsores: Antes de se fazer quaisquer operações de manutenção no subsistema de gerenciamento de energia e propulsão, o DPO deverá ser informado. Toda manutenção em sistemas críticos ao posicionamento dinâmico deverá ser feita mediante uma permissão de trabalho especificando o período estimado para o término da faina. Com essa informação, o DPO irá verificar a possibilidade da perda da redundância e fazendo uma verificação se existe outra operação que possa conflitar com a faina.
- Operações com ROV: dependendo da posição de lançamento do ROV, a direção da corrente deverá ser conhecida e considerada, de modo que quando no estagio inicial do mergulho, o ROV não venha a colidir com o casco da embarcação, atingindo os transdutores ou até mesmo os propulsores.
- 

## **CAPÍTULO 4**

### **COMISSIONAMENTO, DESLOCAMENTO E MANOBRAS EVASIVAS EM UM NAVIO SONDA.**

Neste capítulo, serão apontados os procedimentos necessários para o comissionamento para um navio sonda após mudanças realizadas em seu sistema de gerenciamento de energia, propulsão e posicionamento dinâmico bem como todos os requisitos a serem cumpridos quando do término de um poço e preparações para o próximo trabalho além de discutir manobras em caso de condições adversas das condições ambientais.

#### 4.1 - Comissionamento ou prova de mar.

Sempre que uma embarcação DP passar por alguma modificação em quaisquer equipamentos que comprometam o sistema de posicionamento dinâmico, deslocamento entre poços ou que tenha ficado em modo *Stand by*<sup>6</sup> por mais de quatro dias, a unidade deverá conduzir um teste de chegada à locação ou *field arrival trials*.

Durante a realização do *field arrival trials*, alguns fatores deverão ser levados em consideração como:

- Embarcações e tráfego na área;
- Embarcações de apoio prontas a operar em caso de emergência;
- Sistema de reboque pronto para operar;
- Previsão do tempo e direção da corrente;
- Sistema de comunicação na embarcação (interna e externa).

Antes da chegada:

- Assegurar-se de que o UPS<sup>7</sup> está em perfeito funcionamento;
- Previsão do tempo e avisos de mau tempo postados para referência;
- Cartas batimétricas e posição desejável de lançamento dos *transponders*;
- WSOC aprovado e disponível;
- Programa de perfuração;
- Verificar a posição do poço com o operador ou seu representante;
- Reiniciar todos os consoles e controladores do DP;
- Configurar corretamente o receptor DGPS e verificar se as estações transmissoras estão dentro da área de trabalho (risco de obter correção de satélites GPS fora da locação);
- Checar baterias dos *transponders* que serão lançados;
- Verificar os controles manuais do DP: Chaves seletoras, ajustes do manete, razão de guinada.

---

<sup>6</sup> Modo de operação do DP onde nenhum comando é dado aos controladores. Sistema inoperante.

<sup>7</sup> UPS – *Uninterruptable Power supply*. Equipamento responsável em manter a energia nos controladores do DP no caso de falha dos geradores a bordo

- Verificar o controle automático do DP
- Gerenciamento de energia: Observar níveis de acionamento automático dos geradores, aumentar a carga manualmente de modo a observar a partida de um gerador reserva no barramento e testar todos os motores;
- Preparação para emergência: Estabelecer uma rota de fuga (na direção de águas profundas);
- Realizar teste de deriva para determinar a razão de deriva em um intervalo de 10 minutos
- Verificar os alarmes do DP

Sempre que possível, os testes do DP deverão servir como uma fonte de treinamento e familiarização de sistemas críticos da embarcação e elevar o nível de resposta da tripulação durante algum incidente com o sistema DP.

#### **4.2 - FMEA**

FMEA (*Failure Mode Effective Analysis*) é o conhecimento da análise de modo e efeito de falha em uma embarcação com posicionamento dinâmico. Este estudo tem como propósito provar que a pior falha em um dado equipamento não será superior ao declarado pelos projetistas em sua especificação. Na área do posicionamento dinâmico, o objetivo é desenvolver um sistema de tolerância às falhas no qual não possa somente manter a posição em face de circunstâncias adversas, porém permitindo que elas sejam corrigidas à medida que ocorrem sem prejudicar a operação.

No caso de uma embarcação DP, o FMEA deve englobar todas as partes do sistema envolvido na manutenção da posição como: sistemas de controle do DP, geração de energia e distribuição, gerenciamento de energia, propulsão e sensores de posição.

Sempre que a função de qualquer item de um equipamento ou sistema é para que ele funcione em um ambiente onde qualquer falha tem o potencial para um efeito catastrófico, é recomendável realizar um FMEA. Conseqüentemente, um número de

peessoas, organizações, entidades são interessadas nos resultados de um FMEA como: sociedades classificadoras, autoridades marítimas, clientes em potencial, proprietários, operadores e equipe de manutenção de bordo.

#### **4.3 - Diferença entre FMEA e os testes do DP**

O propósito de um FMEA é provar os resultados dos modos de falha e análise de efeitos. Embora um teste de DP esteja intimamente relacionado, os testes tem um foco diferente e isso vai influenciar os tipos de testes incluídos e a forma como eles são realizados.

Os testes do DP têm o intuito de provar que o sistema de posicionamento dinâmico é totalmente funcional e bem cuidados e o conceito de redundância permanece intacta.

A FMEA foca em provar que o pior caso de falha do projeto não seja ultrapassado além do esperado durante o projeto e comissionamento. Também pode haver um grau maior de incerteza sobre os efeitos de falha e a indicação (através de alarmes), que o conceito de redundância esta comprometido.

A FMEA pode incluir testes exploratórios projetados para fornecer informações adicionais sobre como funciona o conceito de redundância. Uma vez que a informação foi obtida, não deve haver a necessidade de se repetir os testes novamente.

#### **4.4 - Deslocamento**

Neste caso, entende-se por deslocamento a movimentação de uma unidade de perfuração de um poço a outro, também conhecido pelo termo *rig move*.

Antes do deslocamento ou navegação entre as locações, um planejamento de derrota de acordo com os requisitos da IMO<sup>8</sup> deve ser preparado pelo comandante ou

---

<sup>8</sup> IMO resolutions A.893(21) – Guidelines for voyage planning.

seus designados. Os elementos chave para a confecção do planejamento da derrota são:

- Avaliar toda informação relevante;
- Planejar a derrota pretendida;
- Executar o plano, levando em consideração as condições prevalentes;
- Monitorar o progresso da embarcação de acordo com o plano continuamente.

Reservas de combustível devem ser consideradas como parte do planejamento da derrota e uma reserva mínima de cinco dias de combustível deve ser mantida a bordo.

Antes do deslocamento, cabe ao comandante assegurar-se de que:

- Todos os *transponders* foram recolhidos;
- Todos os transdutores foram içados e colocados prontos para viagem;
- Toda carga no convés devidamente peada;
- No caso de movimentação no modo DP, assegurar-se de que todos os sensores de referência estão devidamente calibrados.

Uma vez que esses procedimentos foram preparados, eles devem ser submetidos ao gerente da sonda para revisão e aprovação.

Alguns itens que devem ser abordados durante o deslocamento incluem:

- Profundidade da locação;
- Levantamento batimétrico
- Obstruções no fundo e linhas de produção;
- Levantamento dos dados ambientais dos últimos 50 anos (ventos, ondas e correntes marítimas)

- Recomendações da sociedade classificadora para a área.

#### **4.5 - Manobras evasivas em um navio sonda**

Em navios sonda, quando conectados ao poço e em DP, não será possível fazer uso das manobras evasivas quando da aproximação de uma tormenta tropical. Dentro das áreas onde há a operações com navios sonda no mundo, destacam-se, segundo Lobo e Soares (2007, p.331), as seguintes áreas:

- Monções de Nordeste no mar do sul da china e mar arábico;
- Monções de Sudoeste no mar do sul da china e baia de bengala;
- Monções de sudoeste no mar arábico e costa da India;
- Ciclones tropicais na baia de bengala;
- Ciclone tropical no mar arábico;
- Furacões no sudeste do atlântico norte;

Os principais objetivos da criação de um plano de contingência e evacuação durante a aproximação de uma tormenta tropical são:

- Proteção do pessoal.
- Fechar o poço antes que as condições ambientais tornem o trabalho inseguro.
- Evacuar todo o pessoal não essencial de modo que se evite congestão.
- Fechamento do poço.
- Seguir os procedimentos da empresa para o fechamento do poço e uma desconexão planejada.
- Assegurar-se de que o poço contenha a quantidade de lama suficiente e na devida pressão hidrostática, selado ou com BOP em perfeito estado de vedação.
- Minimizar danos à cabeça do poço.

- Preparar todo o equipamento sub superfície para conter o poço, tubos de perfuração e anulares<sup>9</sup>.
- Preparar o BOP para que seja permitido um reestabelecimento sem danos à cabeça do poço ou a perda de suas capacidades de combate de uma situação de emergência no poço.

Um plano de evacuação deverá ser criado a fim de se estabelecer um procedimento a ser seguido dependendo das operações que a sonda estiver realizando de modo que o navio sonda esteja desconectado do poço, todo o material de perfuração esteja alocado nos seus respectivos porões e que o LMRP<sup>10</sup> esteja seguro no convés.

## CONCLUSÃO

Aspectos importantes para o entendimento da necessidade do sistema de posicionamento dinâmico em embarcações em alto mar foram elucidados em uma forma clara, concisa e objetiva apontando todos os recursos, seu funcionamento, juntamente com suas particularidades.

Atualmente a perfuração atua cada vez mais distante de terra se comparado ao início das atividades do navio *Cuss 1* em 1961. Isso prova que o posicionamento dinâmico ainda não encontrou seu ápice e que a descoberta de novos poços petrolíferos farão com que esta tecnologia evolua cada vez mais trazendo mais benefícios e desenvolvimento.

---

<sup>9</sup> Válvula grande usada para vedar fluidos do poço operando juntamente com o BOP.

<sup>10</sup> *Lower Marine Riser Package* – Parte superior do BOP que retorna à superfície durante uma situação de emergência.



Para isso, serão necessários contínuos treinamentos e especialização dos operadores para que o mercado seja dotado de operadores capacitados a acompanhar as novas tecnologias que virão.

## REFERÊNCIAS

Deepwater Field Operations Procedures – Transocean – Dec 2011

Deepwater Expedition Emergency Response Manual –Transocean – Apr 2009

Dynamic Position Conference – Operations and Procedures – Oct 2006

IADC Drilling Manual – eBook version (V.11) - 2000

IMO Guidelines for vessels with dynamic positioning systems - MSC / Circ. 645 - May 94.

IMCA 117 Training and Experience of Key DP Personnel – MSC / Circ 738 IMCA Jan 96.

IMCA M 103 Guidelines and Operation of Dynamically Positioned Vessels – Rev I Dec 2007

IMCA 119 Engine Room Fires on DP vessels - IMCA Aug 97

IMCA 128 QRA for the use of a dual DGPS system for dynamic positioning - IMCA Feb 95.

IMCA 141 Guidelines of the use of DGPS as a position reference in DP control systems IMCA Oct 97.

IMCA M 203 Guidance on Simultaneous Operations (SIMOPS) – Mar 2003

Bray, D. J Oilfield Seamanship Series - Volume 9: Dynamic Positioning - 2nd Edition.

## ANEXOS

### ANEXO A - MODELO DE WSOC

#### DP REQUIREMENTS FOR DRILLING, TESTING & WELL INTERVENTION

Well Specific Operating Guidelines (WSOG) Category A, B, C, D

Unit/Vessel: Deepwater X Well: **SAMPLE** Operator: **BP GROUP**

Condition		Green	Advisory	Yellow	Red
ANY DP INCIDENT	BLACK-OUT OF ALL HV NETWORKS				<b>Immediately</b>
	DRIVE OFF Incident or DRIFT OFF Incident or FORCE OFF Incident Unit offset deviation from start point Waterdepth: <b>360</b> metres			6.5 metres OR Immediately when recognized by DPO	<b>Immediately</b> when confirmed that situation cannot be controlled or NOT > 11 metres
INTACT DP SYSTEM	DP position footprint	< 5 metres	> 5 metres	10 metres	15 metres
	DP heading footprint	< 2 deg	2-3 deg	If threat to position	If threat to position
Power consumption each network (3-split configuration)		< 50%	Any PMS warnings.	>70% or loss of one power station + Consequence alarm	Situation specific
Thrust consumption each online unit.		< 50%	Thruster & PMS Warnings	Consequence alarm	Situation specific
Position reference available		3 independent	Loss of a system or performance limitation	2 (situation specific)	If threat to position
DP control system (including IAS- DP controllers)		2 + 1 backup	Any failure or loss of performance in any system	1 or loss of failure of backup controller	Loss of all system or unable to maintain position
Wind sensors		3	2	1 or loss of backup wind sensor (stb, aft)	If threat to position
Motion sensors (MRU)		3	2	1 or loss of backup MRU (No. 1)	If threat to position
Heading sensors (Dyro)		3	2	2 or loss of backup gyro (No.1)	If threat to position
DP-UPS		3	2	2 or loss of backup UPS (No.1)	If threat to position
IAS System		No controllers or network elems	Loss of one network or one of redundant controllers/servers	Loss of 2 of the redundant controllers/ server in any system	If threat to position
Comms systems		3 system	1 system not operating	Situation specific	Situation specific
Riser limitation UFJ		0-1.5 deg	2 deg	Situation specific	Situation specific
Riser limitation LFJ		0-1.5 deg	2 deg	> 2 deg	4 deg
Wind speed (10m/10s)		0-20 m/s	20 m/s	Situation specific	Situation specific
Wind direction		Situation specific	Situation specific	Situation specific	Situation specific
Sign. waveheight		0-4 m	5 m	Situation specific	Situation specific
Riser twist		+/- 17 deg from BOP landout	>17 deg advise BP Group	Situation specific	Situation specific
Slip ring / Slip joint		Fully operable	Any failure or problem		
Action required		<b>Normal status</b>	<b>Advise Master, Driller, Toolpusher, BP Group Rep.</b>	<b>Issue alarm and follow procedures</b>	<b>Issue alarm and follow procedures</b>
Notify OIM immediately (Y/N)			Yes	Yes	Yes
Notify BP Group immediately (Y/N)		Normal condition	Yes	Yes	Yes

Table 13 WSOG Sample

