

**CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA
MARINHA MERCANTE - EFOMM**

SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO NO MEIO MARÍTIMO

Por: Fellippe CARNEIRO dos Santos Lima.

Orientador

Prof. Edson Mesquita dos Santos.

Rio de Janeiro

2010

**CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA
MARINHA MERCANTE - EFOMM**

SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO NO MEIO MARÍTIMO

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica (FONT) da Marinha Mercante.

Por: Fellippe CARNEIRO dos Santos Lima.

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE - EFOMM

AVALIAÇÃO

PROFESSOR ORIENTADOR (trabalho escrito): _____

NOTA - _____

BANCA EXAMINADORA (apresentação oral):

Prof. (nome e titulação)

Prof. (nome e titulação)

Prof. (nome e titulação)

NOTA: _____

DATA: _____

NOTA FINAL: _____

AGRADECIMENTOS

"It ain't about how hard you hit, it's about how hard you can get hit, how much you can take and keep moving forward... that's how a winner is done!"(Autor Desconhecido)

Agradeço Deus, e a todos que me ajudaram a seguir em frente tornando possível a realização de um sonho.

DEDICATÓRIA

"O que fizemos apenas por nós mesmos morre conosco. O que fizemos pelos outros e pelo mundo permanece e é imortal." (Albert Pike)

Dedico esse trabalho à minha família, amigos e àqueles que contribuíram para a minha formação acadêmica.

RESUMO

Este trabalho cujo foco é a tecnologia de sistema de posicionamento dinâmico no meio marítimo, é constituído de quatro capítulos.

No primeiro é apresentado um breve histórico acerca da inserção da tecnologia de posicionamento no meio em questão.

O capítulo seguinte trata do sistema de posicionamento dinâmico propriamente dito, explicando sua função, sistemas, subsistemas e modos de operação.

O sucessor aborda as aplicações. Neste é possível encontrar exemplos da aplicação desse sistema de posicionamento.

Encerrando no quarto capítulo com as regulamentações da autoridade marítima a respeito das embarcações dotadas de posicionamento dinâmico

Palavras chave: Tecnologia, sistema de posicionamento, *Dynamic Positioning*.

ABSTRACT

This Project which focuses on dynamic positioning system in the marine environment, is made by four chapters.

In the first one is shown a concise historic about the introduction of the dynamic positioning technology in the marine environment.

The following one is about the dynamic positioning system itself, explaining its function, systems, sub-systems and operation modes.

The next one talks about the applications. At this one is possible to find examples of the application of this positioning system.

Concluding, at the fourth chapter, the maritime authority's regulations about vessels with dynamic positioning.

Key words: technology, positioning system, Dynamic Positioning.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO _____	11
CAPÍTULO I: HISTÓRICO. _____	12
1 - A necessidade da aplicação da tecnologia no meio marítimo. _____	12
2 - O surgimento da tecnologia DP no meio marítimo. _____	13
CAPÍTULO II: SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO. _____	15
1 - Introdução. _____	15
2 - Movimentos e Forças Básicas. _____	15
3 - Classes dos equipamentos DP. _____	16
4 - Subsistemas do SPD. _____	17
4.1 - Sistema de sensoriamento. _____	17
4.1.1 - Sensores. _____	17
4.1.1.1 - Sensores de proa. _____	18
4.1.1.2 - Sensores de velocidade. _____	18
4.1.1.3 - Sensores de vento. _____	18
4.1.1.4 - <i>Vertical Refence Unit</i> (VRU). _____	18
4.2 - Sistemas de estima ou observação das posições _____	18
4.3 - Sistema de controle. _____	19
4.4 - Sistema de alocação de força de empuxo. _____	19
4.5 - Sistema de potência. _____	19
4.6 - Sistema de referências de posição. _____	19
4.6.1 - Medidores de posição (PME). _____	20
4.6.1.1 - <i>Differential Global Positioning System</i> (DGPS) . _____	20
4.6.1.2 - <i>Global Navigational Satellite System</i> (GLONASS). _____	20
4.6.1.3 - Sistemas Hidroacusticos. _____	21
4.6.1.4 - <i>Taut Wire</i> . _____	22
4.6.1.5 - <i>Differential Absolute and Relative Positioning System</i> (DARPS). _____	23

4.6.1.6 - <i>Fanbeam</i> .	23
4.6.1.7 - <i>Artemis</i> .	24
5 - Operador.	24
6 - Painel de operação.	24
7 - Modos operacionais e console do SPD.	24
7.1 - <i>Joystick Manual Heading (JSMH)</i> .	25
7.2 - <i>Joystick Auto Heading (JSAH)</i> .	25
7.3 - <i>Dynamic Positioning (DP)</i> .	25
7.4 - <i>Minimum Power</i> .	25
7.5 - <i>Remotely Operated Vehicle Follow (ROV Follow)</i> .	25
7.6 - <i>Auto Track</i> .	26
7.7 - <i>Auto Pilot</i> .	26
8 - Alimentação.	26
9 - Propulsão.	27
CAPÍTULO III: APLICAÇÕES.	29
1 - <i>Floating Production Storage and Offloading (FPSO)</i>	29
2 - Suporte a ROV.	30
3 - <i>Diving Support Vessel (DSV)</i> .	30
4 - Navios-sonda.	31
5 - Aliviadores.	31
6 - <i>Anchor Handling Tug Supply (AHTS)</i> .	31
7 - Dragagem.	32
8 - Lançamento de dutos.	32
9 - Entrincheiramento.	32

CAPÍTULO IV: REGULAMENTAÇÃO DO EMPREGO DE EMBARCAÇÕES DOTADAS DE POSICIONAMENTO DINÂMICO. _____	33
1 - Alarmes e níveis de alerta. _____	33
2 - Classificação. _____	34
3 - Limites operacionais. _____	34
4 - Documentação de verificação e aceitação do Estado de bandeira Brasileira. _____	35
5 - Mergulho orientado da superfície a partir de embarcação com SPD . _____	35
6 - Operações em águas rasas. _____	37
7 - Manual de operação. _____	38
CONSIDERAÇÕES FINAIS _____	39
ANEXOS _____	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	48

INTRODUÇÃO

Desde o início de sua existência, o ser humano, com seu constante sentimento de insatisfação, tem buscado o aprimoramento de suas técnicas.

Através desta busca pelo aperfeiçoamento, a fim de superar dificuldades, a humanidade foi capaz de evoluir a um novo patamar, avançando para uma era tecnológica.

Nesse processo evolutivo foram alcançadas diversas conquistas, tais como: a criação de automóveis, aeronaves e navios, o lançamento de satélites, a robótica, entre outros.

No meio desta rede de descobertas, surgiu o sistema de posicionamento dinâmico como mais uma das ferramentas que impulsionaram o avanço tecnológico.

Esse sistema de posicionamento possibilitou a permanência de um aparelho em uma mesma posição apesar da dinâmica do meio que se encontra. Com ele foi possível o reposicionamento automático de um telescópio que compensava, automaticamente, entre outras coisas, a rotação da Terra, em 1840.

Mais tarde, esse sistema foi introduzido no meio marítimo com a finalidade de controlar o aproamento e os movimentos horizontais de uma embarcação durante viagens ou operações marítimas, o que vem a ser o foco da presente monografia.

CAPÍTULO I

HISTÓRICO

1. A necessidade da aplicação da tecnologia no meio marítimo.

O petróleo é uma das principais fontes de energia atualmente, o que garante importância político-econômica para os Estados que possuem consideráveis reservas deste produto. Uma fração dessas reservas encontra-se no mar, em grandes profundidades, dificultando o acesso. Todavia, a influência desse recurso no mercado mundial nos inclina a investir em tecnologia para exploração em alto-mar.

A exploração dos poços de petróleo nas áreas oceânicas iniciou-se no fim do século XIX, constituindo-se de estruturas fixas conectadas à costa, sobre as quais se sustentavam os equipamentos para perfuração e exploração dos poços tendo como profundidade alcançada, no máximo, 6 metros.

Com a criação das plataformas Fixas ou Jaquetas foi possível atingir maiores profundidades e distâncias da costa. Essas plataformas são fixadas ao fundo do mar através de treliças metálicas, ao longo das quais se instalam as tubulações que levam o óleo à plataforma, e no convés ficam instalados os equipamentos para perfuração e manutenção do poço.

As Jaquetas foram técnico-economicamente viáveis para lâminas de água de até 400m, proporcionando uma considerável melhoria acerca da profundidade de exploração e, por conseguinte motivando o desenvolvimento de outras técnicas de exploração e operação em alto-mar, destacando-se os sistemas de amarração, que consiste em estruturas flutuantes amarradas por linhas ancoradas ao fundo do oceano, que compensam os esforços ambientais atuantes mantendo-as próximas a posição de equilíbrio inicial.

Entretanto, os sistemas de amarração são compostos por grandes massas flutuantes suportadas por linhas elásticas e excitadas por forças ambientais, cenário propício para a ocorrência de grandes movimentos oscilatórios, que devem ser considerados por poderem dificultar operações como, por exemplo, produção e lançamento de dutos. A capacidade de movimentação dos sistemas amarrados também é muito baixa, além disso, em excursões maiores requerem a utilização de rebocadores de âncoras para reposicioná-los. A partir daí, com o objetivo de diminuir as influências dos movimentos oscilatórios presentes e tornar

possível a prospecção do petróleo em águas ainda mais profundas, superiores a 1000m, utilizou-se a tecnologia de posicionamento dinâmico.

O posicionamento dinâmico ou DP, *Dynamic Positioning*, não é uma tecnologia exclusiva de navios. Em 1840, houve o reposicionamento automático de um telescópio que compensava, automaticamente, entre outras coisas, a rotação da terra.

Contudo, essa tecnologia foi muito bem aproveitada no meio marítimo, como um sistema hidrodinâmico, utilizado para o controle do aproamento e dos movimentos horizontais de uma embarcação durante viagens ou operações marítimas.

O DP, que mantém automaticamente uma embarcação em uma determinada posição e aproamento, através do uso de seus próprios propulsores e *thrusters*, além de permitir que a embarcação percorra uma determinada trajetória em uma velocidade pré-determinada, é muito utilizado para a exploração *offshore* em grandes laminas de água.

Todavia, o emprego desses sistemas de posicionamento dinâmico não se limitou ao uso em águas profundas. Atualmente, existem sistemas de atracação automática de navios em portos, manutenção de fundeadouros e canais, gerador automático de trajetórias, sistemas de dragagem automáticos, sistemas de combate a incêndio, etc.

2. O surgimento da tecnologia DP no meio marítimo.

O advento da exploração petrolífera trouxe a tona uma extensa gama de novos requisitos técnicos. Acrescentando-se também os movimentos exploratórios em direção a laminas de águas cada vez maiores, notou-se a necessidade de manter uma embarcação em uma posição fixa.

A princípio foram construídos os *thrusters*, para compensar os desvios transversais originados pelo efeito do leme e/ou agentes externos como, por exemplo, vento e corrente, e aumentar a manobrabilidade na proa. Contudo, o posicionamento era manual, destacando-se por ser uma atividade estressante, uma vez que a correção da posição era realizada através do acionamento simultâneo de diversos comandos para os propulsores à medida que o operador observava o desvio da posição desejada.

Com os avanços da tecnologia computacional, foram desenvolvidos um sistema computadorizado para monitorar este posicionamento e, paralelamente, sistemas de referência, para garantir maior precisão na manutenção das condições estabelecidas. Esse conjunto de

posicionamento automático denomina-se sistema de posicionamento dinâmico - SPD ou *Dynamic Positioning - DP*.

O primeiro sistema DP foi utilizado em um projeto denominado Mohole em 1957. Esse projeto visava perfurar a camada Moho que se localizava na parte mais externa da Terra e para alcançar essa camada seria necessário realizar as operações em águas o mais profundas possível.

A embarcação que realizou essa operação foi o navio sonda CUSS I. Equipado com um sistema de posicionamento dinâmico, ele contava com quatro *thrusters*, um sensor hidroacústico no fundo do mar e quatro bóias emissoras de ondas de rádio que emitiam sinais para o radar da embarcação.

Em 1961, utilizando o então recente avanço tecnológico, o navio CUSS I foi capaz de se manter sob o ponto de operação e fazer perfurações em profundidades de 948m.

O desempenho foi tão satisfatório que a empresa *Shell Oil Company*, ainda em 1961 lançou a plataforma NS Eureka, portando um controle automático para sistema DP, que tinha suporte de computador analógico-digital, propulsores, *thrusters* e equipamentos de monitoramento de posição.

Três anos depois, em 1964, foi lançado o NS Caldrill-1, que fez perfurações em profundidades de até 2000m de lamina d'água, possuindo equipamentos similares ao NS Eureka. Neste mesmo ano, ainda surgiu o conceito de redundância, que tinha a intenção de evitar interrupções na operação em decorrência de falhas de componentes.

No decorrer de 1970, a técnica foi consolidada aumentando gradativamente o número de embarcações com esse sistema de posicionamento. Contudo, apenas em 1977, com o lançamento do *SS Uncle John*, que os franceses e americanos batizaram o sistema como *Dynamic Positioning*.

A tecnologia foi tão bem aceita que atualmente diversas embarcações são equipadas com ela, até mesmo embarcações não relacionadas à indústria do petróleo, como algumas embarcações de resgate.

CAPÍTULO II

SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO - SPD

1. Introdução.

O sistema de posicionamento dinâmico possui um modelo que é a descrição matemática de como uma embarcação reage ou se move como uma função das forças que agem sobre a mesma. O modelo é a descrição hidrodinâmica, envolvendo características do navio, tais como: deslocamento e arrasto. O critério de *design* para o modelo é uma descrição tão precisa quanto possível das reações do navio a qualquer força externa. O modelo matemático é afetado pelas mesmas forças que o navio. As forças do vento são calculadas como uma função que mensura vento, velocidade e direção, enquanto as forças impelidoras são calculadas como função de *thruster*/propulsores, caturro/RPM e direção. O sistema ainda incorpora algoritmos para estimar correntes e ondas, e as forças provocadas por esses.

Basicamente, esse complexo sistema pode ser definido como um sistema que controla automaticamente a embarcação, mantendo sua posição e aproamento exclusivamente por acionamento dos propulsores.

2. Movimentos e Forças Básicas

Uma embarcação está sujeita a forças naturais tais como a do vento, das ondas e corrente, bem como as forças geradas pelo sistema de propulsão. Devido a essas forças um navio possui seis graus de liberdade, que se dividem em movimentos lineares:

- Avanço ou Surge
- Abatimento ou Sway
- Arfagem ou Heave

E movimentos angulares:

- Jogo ou Roll
- Caturro ou Pitch
- Cabeceio ou Yaw

O Sistema de Posicionamento Dinâmico, através dos sistemas de referência, a agulha giroscópica e os sensores de referência vertical medem a resposta do navio para as forças que o navio se sujeita e muda a posição, aproamento e velocidade, tornando-se capaz de três dos seis graus de liberdade do navio. São eles: Surge, sway e yaw.

Entretanto, os demais movimentos são afetados de modo secundário e também monitorados, uma vez que influem em alguns sensores de referência de posição.

3. Classes dos Equipamentos DP

Os equipamentos DP são classificados de acordo com a possibilidade de falhas, ou seja, perda de posição.

As modalidades de falhas que devem ser consideradas são a perda repentina de equipamentos principais, a perda repentina ou seqüencial de diversas partes do equipamento com uma ligação comum, e várias falhas de instabilidade do controle. As falhas que podem permanecer ocultas até que outra falha ocorra também devem ser consideradas.

Logo, basicamente, os equipamentos são divididos em quatro classes:

Classe 0 : é a classe mais básica onde há o controle manual de posição e o controle automático de aproamento.

Classe 1: o sistema pode sofrer perda de posição na ocorrência de uma única falha (*single failure*).

Classe 2: Não há perda de posição em caso de *single failure* em nenhum componente ou sistema ativo, como: Cabos canos, válvulas manuais, dentre outros. Os componentes estáticos não são considerados em termos de falha pressupondo-se que estejam adequadamente protegidos contra danos de origem externa. Os critérios para uma *single failure* incluem: Alguns componentes ou sistemas ativos (geradores, propulsores, válvulas de controle remoto, etc.) e alguns componentes estáticos (cabos, tubulações, etc.)

Classe 3: Considera-se *single failure* os mesmos critérios da classe 2, acrescentando-se: Todos os componentes em um compartimento a prova de água, sendo esta água proveniente de fogo ou alagamento; Todos os componentes em um compartimento à prova de fogo, sendo este fogo originado de incêndio; E assume-se que também seja passível de falha qualquer componente normalmente estático.

Por conseguinte, conclui-se que equipamentos de classe 1 referem-se a embarcações DP sem redundância, já os da classe 2 tratam-se de navios DP com redundância completa dos sistemas e equipamentos e os equipamentos da classe 3 dá aptidão a embarcação DP de resistir a perda total de todos os sistemas em qualquer compartimento afetado por incêndio ou alagamento.

4. Subsistemas do SPD

O SPD é responsável por determinar a posição atual da embarcação ou sonda, compará-la com um objeto pré-determinado, comandar o sistema de propulsão no sentido de efetuar as correções necessárias e restabelecer a posição. E para isso, é constituído, basicamente, dos seguintes subsistemas:

- A. Sistema de sensoriamento;
- B. Sistema de estima ou observação das posições do navio;
- C. Sistema de controle;
- D. Sistema de alocação de forças de empuxo;
- E. Sistema de potência;
- F. Sistema de referências de posição.

4.1 Sistema de sensoriamento

O sistema de sensoriamento é composto por equipamentos, sensores, responsáveis por analisar e verificar as informações requeridas afim de que a embarcação possa se manter em uma posição desejada.

Os sinais mais importantes são os que medem a posição e o rumo da embarcação. Contudo, existem também sensores para as medições das condições ambientais.

4.1.1 Sensores

Os sensores de uma embarcação devem ao menos medir o aproamento, os movimentos da embarcação e a velocidade e sentido do navio.

Quando uma sistema DP de classe 2 ou 3 é inteiramente dependente dos sinais corretos dos sensores, estes sinais devem ser baseados em três sistemas que servem à mesma

finalidade. Esses sensores com mesma finalidade conectados a sistemas redundantes devem ser arranjados independentemente de modo que a falha de um não afete os outros.

4.1.1.1 Sensores de Proa

Agulha Giroscópica: é usada para controle do rumo e na transformação de coordenadas. É um equipamento parcialmente preciso.

4.1.1.2 Sensores de Velocidade

Doppler Log: Também conhecido com odômetro de efeito *doppler*, indica o segmento do navio para vante ou para ré em relação ao fundo e a tendência de giro da proa e da popa, para um bordo ou para o outro.

4.1.1.3 Sensores de Vento

Anemômetro: mede a direção e velocidade do vento. Os dados coletados por esse equipamento são usados para ampliar o controle de posição do sistema modificando a ação dos *thruster*.

4.1.1.4 Vertical Reference Unit (VRU)

Os efeitos do caturro e balanço, apesar de não serem controlados pelo sistema DP, são monitorados afim através de uma VRU a fim de se obter precisão na compensação dos equipamentos medidores de posição. Já a ação da arfagem, também não controlada pelo SPD, é estimada com base na aceleração vertical da embarcação.

4.2 Sistema de estima ou observação das posições de navio

Os observadores de estado são responsáveis por filtrar os erros de posição e reconstruir os estados não medidos do sistema. O sistema de estima obtém dados que serão submetidos à análise através da comparação de dados obtidos e os estimados através de modelos matemáticos. Existem três tipos de observadores de estado: os probabilísticos, os determinísticos e os de aprendizagem por meio de redes neurais.

4.3 Sistema de controle

É a unidade lógica computacional que determina a ação de um controle necessária para manter o navio em uma referência de posição ou trajetória desejada. Esse sistema determina a força com que os *thrusters* devem reagir aos fatores externos causadores do desvio do navio, para que este se posicione na condição determinado pelo operador, devendo estar apto a manter o controle em eventuais falhas nos sensores, no *hardware* ou mudanças das forças externas.

4.4 Sistema de alocação de forças de empuxo

Trata-se de um algoritmo instalado no subsistema de controle responsável pela distribuição das forças de comando pelos propulsores, de forma a minimizar o consumo de potência, otimizar o consumo de combustível, evitar saturação dos propulsores e compensar as forças em caso de falha de algum propulsor.

Para o cálculo da distribuição das forças, o sistema leva em consideração algumas restrições funcionais como a interação entre o casco e o propulsor, a saturação de cada um dos *thrusters* e a interação entre eles.

4.5 Sistema de potência

Esse sistema é responsável por fornecer energia aos propulsores. Os propulsores e a alimentação de energia serão abordados nos itens 8 e 9 deste capítulo.

4.6 Sistema de referências de posição

É um módulo de interface entre o sistema de controle e o operador, podendo ser automático, de trajetória, de alinhamento com forças ambientais, manuais, etc. No modo automático as posições e rumo são mantidos próximos aos valores desejados, sem a interferência do operador. Já no modo trajetória a embarcação é mantida em uma trajetória pré-determinada. Enquanto no modo de alinhamento com as forças ambientais o rumo é mantido próximo ao valor da resultante das forças ambientais de forma a fazer menor uso dos propulsores. E no modo manual o operador controla por meio de um *joystick* os valores de rumo e posição da embarcação.

4.6.1 Medidores de Posição (PME)

O SPD depende de uma referência de posição para atender manter a embarcação em coordenadas desejadas. Para isso, têm-se diversos tipos de medidores de posição cuja escolha é relativa ao tipo de operação ou tarefa realizada pela embarcação.

4.6.1.1 *Differential Global Positioning System (DGPS)*

Trata-se de um equipamento desenvolvido a partir do aperfeiçoamento do *Global Positioning System (GPS)*.

O GPS é um sistema americano formado por satélites que circundam em órbita terrestre e a partir de um sinal de rádio emitido por esses satélites para um receptor do GPS, esse sistema é capaz de determinar a posição do usuário, podendo ser calculada uma posição em 2D (latitude e longitude) se for empregado três satélites ou em 3D (latitude, longitude e altitude) quando empregado quatro ou mais satélites. Uma vez que a posição do usuário foi determinada, a unidade GPS é capaz de calcular outras informações, tais como: velocidade, rumo, distância de viagem, distância ao destino, dentre outras.

Contudo, o GPS possui erros de posição de 15 a 25 metros comprometendo a precisão do sistema. Para contornar essa imprecisão foram realizadas correções diferenciais de uma ou mais estações de referência, reduzindo consideravelmente o erro.

O implemento da precisão da posição obtida através de diferenças deu origem ao DGPS, que é usado em operações DP, tendo em vista que essas operações requerem precisão de um metro ou menos.

4.6.1.2 *Global Navigational Satellite System (GLONASS)*

É um sistema russo equivalente ao GPS. Seus princípios para a determinação da posição também é usando a medida do tempo e os dados emitidos pelos satélites. Todavia, a disponibilidade limitada de satélites desse sistema impossibilita o seu uso de forma individual em operações DP. Logo, esse sistema trabalha em conjunto com a recepção de sinais GPS ou até mesmo DGPS. Esse uso combinado dos sistemas aumenta o número de satélites que pode

ser usados dentro da área de operação do usuário, aumentando a precisão e tornando possível o uso em operações DP.

4.6.1.3 Sistemas Hidroacusticos

Estes sistemas funcionam a partir de *transponders* situado no fundo do mar que emitem um pulso de resposta a uma determinada frequência, quando são interrogados por um pulso acústico, em outra frequência, emitido por um transdutor que fica localizado no fundo da embarcação na parte exterior.

Esse sistema acústico é composto principalmente por:

- A. *Beacons*: equipamento usado em sistemas mais antigos. São lançados no fundo do mar e transmitem pulsos acústicos em uma frequência fixa e espaçados de um a três segundos.
- B. *Transponders*: transmissores que emitem um pulso a uma determinada frequência de resposta toda vez que são interrogados por um pulso acústico com outra frequência pelo equipamento de superfície.
- C. *Hidrofones*: são receptores de sinais acústicos provenientes dos *beacons* e responsáveis pela sua transformação em pulsos elétricos enviados ao processador
- D. *Transducers* ou Transdutor: transmitem e recebem sinais acústicos podendo se relacionar com *beacons* ou *transponders*.
- E. Processador: interface com o controlador e o operador DP, está diretamente ligado aos *transducers*/hidrofones dos quais recebem e processam os sinais elétricos correspondentes a troca de informações acústicas com os *transponders/beacons*.

Os sistemas hidroacústicos são classificados segundo sua geometria e modo operacional em:

- A. *Long Baseline System (LBL)*: este sistema consiste de um único transdutor localizado na quilha da embarcação e um conjunto de pelo menos três *transponders*, que ficam a uma distância um do outro de pelo menos 500 metros. É um sistema de medida por alcance sem medida angular. A sua precisão depende da profundidade

local, ele também se destaca como o mais preciso entre os três possíveis sistemas hidroacústicos. Contudo o sistema tem como principal desvantagem o alto custo para a manutenção dos *tranponders*.

B. Short Baseline System (SBL): este sistema utilize um único *transponder* e um conjunto de transdutores montados na quilha da embarcação. O SBL necessita de compensação fornecida por VRU (*Vertical Reference Unit*), ao contrario do LBL e foi muito utilizado nas primeiras embarcações DP.

C. Ultra or Super Short Baseline System (USBL ou SSBL): seu principio de tomada de posição é semelhante a um SBL, a diferença está na disposição dos transdutores ao longo da quilha, ficando muito próximos uns dos outros, devido ao seu tamanho bastante reduzido. Está técnica também faz uso de um VRU para a correção dos movimentos da embarcação. O USBL é o equipamento do sistema acústico mais utilizado, sendo destinado a tomada de posição fixa ou em deslocamento e opera em águas de até 2500 metros de profundidade.

4.6.1.4 Taut Wire

O sistema *Taut Wire* funciona a partir de um peso que é colocado no fundo do mar, mantendo-se conectado a um cabo que vai até a embarcação. Este cabo fica sob tensão por meio de um sistema de compensação de movimentos interligado a um guincho hidráulico. Para que as informações do sistema sejam mais precisas, é integrado a ele um dispositivo que compensa os movimentos de *roll* e *pitch* da embarcação, enquanto sensores eletro mecânicos fazem a leitura dos movimentos transversais e longitudinais da embarcação. As diferenças de voltagem nos dois planos são interpretadas pelo sistema DP como ângulos os quais associados à lamina de água e à posição do peso colocado no fundo do mar, fornecem o afastamento da embarcação em relação à uma posição pré-determinada associada ao sistema: embarcação, cabo e peso.

Este sistema é excelente para manter a embarcação em posição por longos períodos de operação, sendo também vantajoso por ter uma instalação simples e rápida.

4.6.1.5 Differential Absolute and Relative Positioning System (DARPS)

O DARPS é um sistema de referência de posição relativo baseado no sistema GPS usado em algumas operações DP que requerem posicionamento relativo entre duas embarcações, como por exemplo, uma operação entre um navio petroleiro aliviador e uma unidade FPSO.

Este sistema utiliza, simultaneamente, dados recebidos do GPS da embarcação *master* e da embarcação *slave*, o aliviador e a FPSO, no caso do exemplo anterior, sucessivamente, assim ele calcula a distância e a marcação entre as unidades. A embarcação *slave* envia os seguintes dados para a unidade *master*: posição GPS, aproamento, desvio da antena e identidade.

As principais funções deste sistema consistem em: Fornecer a posição absoluta da embarcação e informações de velocidade com controle de qualidade integrado; fornecer a posição relativa entre embarcações, a um *transponder* ou a um ponto de referência fixo; usar as informações do caturro, balanço e aproamento para compensar o desvio da antena; possibilidade de se conectar o sistema a outros equipamentos; e a possibilidade de integração com o sistema DP, sendo utilizado como um sistema de referência dedicado a vários tipos de operação.

4.6.1.6 Fanbeam

É um sistema de localização e rastreamento por laser, visando o posicionamento automático. Ele foi projetado para auxiliar nas operações de embarcações DP próximas de outras unidades flutuantes como: plataformas fixas, plataformas semi-submersíveis em DP ou ancoradas.

O *Fanbeam* completa o uso do sistema DGPS e pode também trabalhar como sistema principal quando os sinais do GPS se tornam ineficazes. É um sistema bastante usado por navios sísmicos para posicionar sensores flutuantes que são rebocados e também por navios PSV (*Plataform Supply Vessel*), como no caso no PSV Alfa- nave Cabo Frio.

4.6.1.7 Artemis

Nesse sistema a posição é obtida através da comunicação nas ondas de rádio de nove gigahertz ou microondas. O sistema envolve duas estações; uma localizada a bordo da própria embarcação DP e outra em algum ponto fixo de terra, em outra embarcação, em plataformas fixas, plataformas semi-submersíveis DP ou ancoradas.

A referência da posição é fornecida na forma de marcação e distancia. A estação a bordo da embarcação DP é conhecida como estação “móvel”, e a outra unidade como estação “fixa”. Cada estação consiste em uma unidade de dados de controle e uma antena.

No Brasil, este sistema é bastante usado na operação de transferência de petróleo entre unidades FPSO e aliviadores.

5. Operador

É a pessoa responsável e capacitada que decide como o sistema deve operar e o que fazer. O operador controla todos os dados e informações recebidas pela unidade de controle e com isso, determina as melhores condições de funcionamento, minimizando o esforço da embarcação em manter seu posicionamento.

6. Painel de operação

É a ligação entre o operador e o sistema de posicionamento. A través desse painel o operador checa constantemente o funcionamento dos *thrusters*, geradores, sensores e sistemas de referência. É utilizado para a entrada de dados e alterações que sejam necessárias para o perfeito funcionamento do sistema e manutenção do posicionamento da embarcação.

7. Modos de operação e console do SPD

Existem diversas empresas explorando e evoluindo esse sistema, tais como a brasileira Symmetry, a norueguesa Kongsberg, a americana Nautronix, dentre outras. Por conseguinte, resultou em alguns diferenciais no sistema, entretanto, o principio básico da origem do sistema se mantém constante independentemente do fabricante. Devido a isso podemos

destacar sete principais modos operacionais presentes no sistema de propulsão dinâmica, os quais discutiremos nos itens seguintes.

7.1 Joystick Manual Heading (JSMH)

No JSMH o controle da embarcação ocorrerá através de *joystick*, que permitirá o controle dos movimentos para vante e para ré, e ainda para os bordos, enquanto que o giro da embarcação é feito através de um botão de proa.

Com esse modo ativado a embarcação é controlada manualmente, sendo muito utilizado em condições meteorológicas desfavoráveis, tendo em vista que possibilita o operador efetuar correções instantâneas no posicionamento.

7.2 Joystick Auto Heading (JSAH)

Nesse modo o rumo da embarcação é automaticamente controlado. O *joystick* controla os movimentos transversais (bombordo/boreste) e longitudinais (vante/a ré). É muito usado em manobras fechadas, como aproximação de um alvo fixo.

7.3 Dynamic Positioning (DP)

Nesse modo a embarcação com um rumo fixo se mantém estabilizada em relação a um alvo estacionário. A posição e a proa são mantidas automaticamente.

7.4 Minimum Power

Esse modo, utilizado principalmente em condições ambientais favoráveis, mantém o rumo e a posição do navio, enquanto controla o posicionamento dinâmico da embarcação usando o mínimo de força/energia.

7.5 Remotely Operated Vehicle Follow (ROV Follow)

Este modo operacional mantém a posição da embarcação a partir de um alvo móvel chamado *Remotely Operated Vehicle*, ou até que o ROV ultrapasse uma área delimitada.

7.6 Auto Track

A posição da embarcação automaticamente se altera ao longo de uma rota, realizada em baixa velocidade, entre dois ou mais *waypoints* previamente estabelecidos. O aproamento e a velocidade podem ser programados de maneiras independentes e são feitas correções no caimento e abatimento com a ativação desse modo *Auto Track*.

7.7 Auto Pilot

O operador determina a velocidade e o rumo que deve ser mantido para a embarcação e o sistema mantém o rumo fixo através de correções dos desvios. Normalmente utiliza-se o propulsor principal e o leme para se mover no rumo fixo, todavia o sistema admite o uso de *thruster* azimutal no lugar do propulsor principal e leme.

8. Alimentação

Toda embarcação DP depende da informação de energia disponível e de sua geração, fonte e os sistemas de distribuição. É necessário que a energia seja fornecida aos *thrusters*, sistemas auxiliares, elementos do controle do DP e aos sistemas de referência. O sistema de controle do DP pode exigir grandes alterações de energia devido às mudanças rápidas nas condições de tempo e o sistema da geração de energia deve ser flexível para fornecer a demanda rapidamente e evitar o consumo desnecessário de combustível.

O combustível mais utilizado nos geradores de combustível é o diesel. Desse modo temos a transferência de energia gerada para um barramento de força, que transmitirá a energia necessária para alimentação do equipamento.

Os geradores de energia são controlados por uma central de gerenciamento de força, que disponibiliza o melhor balanço e divisão de quantidade de carga necessária entre os geradores. A central de gerenciamento previne a partida de grandes motores até o momento em que geradores suficientes estejam para partida e funcionamento do carregamento. Existem ao menos três painéis de controle, sendo um deles de emergência.

O sistema DP é protegido contra falha de energia pela inclusão de uma fonte de alimentação permanente (UPS - “*Uninterrupted Power Supply*”). Este sistema fornece uma fonte de alimentação estabilizada que não é afetada por interrupções ou por flutuações da fonte de alimentação da C.A. do navio. Essa alimentação é fornecida aos computadores, aos

consoles de controle, alarmes e aos sistemas de referência. No caso de uma queda da fonte principal da C.A. do navio, as baterias fornecerão a energia a todos estes sistemas por um período mínimo de trinta minutos, conforme exigido pelas Sociedades Classificadoras.

9. Propulsão

A potencialidade do DP da embarcação é fornecida significativamente por seus propulsores. De forma geral são três tipos principais de *thrusters* e propulsores, são eles: túnel *thrusters*, *azimuth thrusters* e hélices principais. Contudo, existem outros como: *Ducted thrusters* e *Gill Jet thrusters*.

Os hélices principais são tradicionalmente usados como principal método de propulsão de embarcações, podendo estar na configuração simples ou dupla. Em conjunção a sua atuação, temos o leme, que juntos provêem a força necessária para as movimentações laterais das embarcações.

O thruster possui hélices como propulsores e sua principal função esta relacionada com o posicionamento da embarcação e estão subdivididos em dois tipos: simples ou azimutais.

Os thrusters do tipo simples podem ser localizados na proa (bow thruster) ou na popa (Stern thruster). Podem ser dispostos em um dos bordos da embarcação ou no meio da embarcação, desta forma atuando nos dois bordos através do sistema de túneis (Tunnel Thrusters). Sua disposição tem o objetivo de prover o máximo momento e minimizar o consumo de combustível.

Os thrusters azimutais possuem características singulares, tais como: possuir ótima manobrabilidade e capacidade de giro em torno do seu eixo de até 360°, permitindo assim que forneçam potência em alternadas direções. Podem ser retráteis e descartam a utilização de Stern thruster.

Ducted thrusters possuem aspecto semelhante aos thrusters azimutais, embora não sejam pivotados em relação ao eixo de sustentação, geralmente são retráteis. O termo ducted refere-se à carenagem ou duto que envolve o hélice de forma a melhorara eficiência hidrodinâmica, aumentando o empuxo, bem como protegendo o thruster de cabos ou outros objetos que possam se enroscar e danificá-lo.

O *Gill Jet thruster* é a combinação de um jato com uma saída com defletor rotativo. O defletor é montado na parte central inferior da embarcação, com a água sendo succionada pelo lado da embarcação. O empuxo é controlado pela velocidade da bomba de água.

CAPÍTULO III

APLICAÇÕES

Neste capítulo serão apresentados algumas das diversas aplicações da tecnologia de posicionamento dinâmico no meio marítimo.

1. FPSO - *Floating Production Storage and Offloading*.

O FPSO funciona como uma unidade capaz de produzir, armazenar e descarregar óleo cru de poços em alto-mar. Frequentemente um FPSO é baseado em um navio tanque convertido para esta finalidade, onde os conceitos de construção naval aplicados e o formato do caso podem ser adaptados de acordo com as necessidades existentes e regras vigentes.

A junção da tecnologia DP e uma unidade FPSO oferecem uma solução de flexibilidade e mobilidade em sistemas de produção, adaptável a um leque de diferentes cenários em se tratando de desenvolvimento de campos autônomos. Os projetos do então chamado DP-FPSO têm sido otimizados com o propósito de oferecer máxima capacidade de flexibilidade operacional, permitindo operações de produção em diferentes tipos de reservatórios, cada um com suas características únicas.

Os DP-FPSOs são capazes de manter a posição através do sistema de posicionamento dinâmico, eliminando a necessidade de linhas de amarração convencionais. Um DP-FPSO é destinado a operações de produção através de um ou mais *risers* de produção, conectados a um poço ou *manifold*. Durante as operações de produção, um sistema de desconexão rápida permite uma desconexão segura entre o navio e o poço sempre que houver esse tipo de necessidade.

A concepção de um DP-FPSO é baseada na combinação de técnicas de projeto características de operação de outras instalações *offshore*, que também incluem navios-sonda, embarcações de intervenção e FPSOs convencionais. Os conceitos aplicados têm comprometimento com os principais elementos a seguir:

Navio-tanque: as dimensões principais da embarcação estarão diretamente ligadas a capacidade de armazenamento requerida.

Sistema de posicionamento: a embarcação irá manter posição sobre a locação através do SDP que inclui *thrusters* azimutais ou de túnel, sistemas de referencia de posição, sistemas de controle e sistemas de geração de energia.

Sistema de *riser*: o *riser* de produção estará conectado ao poço ou *manifold* e será constantemente tensionado por sistema dedicado de tensionadores.

Planta de processamento de utilidades: uma quantidade abrangente de equipamentos periféricos instalados ao nível do convés principal, e acima deste, irão auxiliar no processo de produção e tratamento dos fluidos que chegam pelos *risers*.

Sistemas de armazenamento e descarga de óleo cru: o óleo produzido será temporariamente armazenado em tanques no interior do casco e posteriormente descarregado para navios aliviadores periodicamente. O gás associado será destinado a geração de energia e o excedente queimado através do *flare*.

Sistema de gerenciamento de energia (PMS) irá garantir o fornecimento ininterrupto de energia para os processos críticos. A redundância do sistema DP obedece às regras e regulamentações das Sociedades Classificadoras, padrões internacionais e orientações da indústria.

2. Suporte a ROV

Um ROV – *Remotely Operated Vehicle*, trata-se de um veículo subaquático controlado remotamente, que permite a observação remota do fundo do mar e estruturas submarinas. A ligação entre o veículo e a superfície é assegurada por um cabo umbilical que permite a comunicação bidirecional, assim como o transporte de energia para o veículo.

A utilização de um ROV permite a operação a maiores profundidades e durante um período mais prolongado do que seria conseguido através de mergulhadores. Além disso, é possível a operação em águas contaminadas que representam um risco para a vida humana.

3. DSV – *Diving Support Vessel*.

Sua principal função é lançar e recolher mergulhadores com segurança durante toda a operação. Essas embarcações necessitam de uma grande estabilidade no seu posicionamento em função da proximidade em relação a outras unidades flutuantes, além de exigir um grau de segurança bastante elevado pó lidar com vidas humanas.

4. Navios-sonda

Trata-se de uma embarcação projetada para 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.

Os Navios-sonda não utilizam amarras em função da grande profundidade e, por geralmente ficarem acoplados a algum poço submarino necessitam da manutenção da posição por longos períodos, além de exigirem um sistema de posicionamento dinâmico classe três.

5. Aliviadores

Essas embarcações possuem características de petroleiros, porém com a capacidade de ser carregado em alto mar. Sua função é, basicamente, retirar o petróleo das unidades de produção em alto mar e transportá-lo para um terminal marítimo.

Sua operação inicia-se através de uma aproximação lenta da unidade de produção até alcançar a distância de operação, então, o navio aliviador lança uma espia para guiar o mangote de transferência de óleo para a tripulação da unidade de produção. A transferência do óleo ocorre através de um sistema de carregamento pela proa denominado BLS – *Bow Loading System*. Durante o tempo em que o produto está sendo bombeado para o aliviador, o navio deve permanecer na mesma posição. Concluída a transferência, o navio volta para o terminal e efetua a descarga.

6. AHTS – *Anchor Handling Tug Supply*.

São embarcações especializadas em manuseio de ancoras, reboque e suprimento a unidades *offshore*.

Muito versáteis, possuem a capacidade de realizar reboques de grandes estruturas em alto mar, servir como embarcações de socorro, salvamento e combate a incêndio, transporte de equipamentos para perfuração e operação de produção, são usadas, também, na realocação de plataformas através do reposicionamento das ancoras dessas estruturas e, até mesmo, como embarcações de apoio submarino.

Essa embarcação difere dos PSVs (*Platform supply vessels*) por ser equipada com guinchos para reboque e ancoragem, possuírem a popa aberta e mais potência para aumentar o *bollard pull*, o que a proporciona tamanha variedade de operações.

7. Dragagem

Os navios engajados nesse tipo de operação são responsáveis pela remoção do material do fundo do mar. Função esta, de grande importância nos portos e nas entradas de rios, onde se acumulam, ao longo do tempo, lama no fundo, representando um risco às embarcações com grandes calados.

As dragas possuem dois canos que sugam a lama e o lodo do fundo do mar enquanto são arrastadas. Elas se movem em derrotas paralelas e com um espaçamento pequeno entre elas a cada volta a fim de garantir a eficiente limpeza do local, fazendo então o uso da tecnologia de posicionamento dinâmico para garantir a distância mínima com a maior segurança possível.

8. Lançamento de dutos

As embarcações com essa atribuição transportam as tubulações em várias partes. Durante esse tipo de operação, a embarcação pára e uma equipe começa a soldar uma parte da tubulação em uma das extremidades do duto que está sendo lançado. Como o duto é inflexível, o navio precisa estar permanentemente no local determinado com precisão através do SDP. Após a solda, o navio avança a distância de um dos pedaços da tubulação, dando continuidade à operação de lançamento de dutos.

9. Entrincheiramento.

As operações de entrincheiramento são realizadas antes do lançamento de dutos e encanamentos com a finalidade de assegurá-los após a instalação. Podem ser realizadas através de um navio rebocando uma espécie de “charrua” ou através de um “entrincheirador” auto-comandado.

CAPÍTULO IV

REGULAMENTAÇÃO DO EMPREGO DE EMBARCAÇÕES DOTADAS DE POSICIONAMENTO DINÂMICO

Este capítulo trata da transcrição da norma regulamentadora da autoridade marítima acerca de embarcações dotadas de posicionamento dinâmico.

1. Alarmes e níveis de alerta.

As embarcações dotadas da tecnologia de posicionamento dinâmico deveram obedecer a determinados graus de alerta abaixo citados a fim de prevenir a ocorrência de acidentes.

A. Status normal de operação

Nesta situação a embarcação esta posicionada e o SPD está operando normalmente, com todos os sistemas de reserva operacionais e disponíveis.

Desse modo a potência total consumida pelos *thrusters* não excede 80% da capacidade total disponível, tolerados apenas períodos curtos isolados dentro dos limites estabelecidos para a posição determinada, bem como, inexistente risco de colisão.

B. Alerta nível um

Situação em que uma falha simples resulta na utilização de um sistema de reserva, contudo, mantendo ainda outro sistema pronto para ser utilizado. Também será assumido esse alerta se qualquer um dos “Thruster” (hélices transversais ou azimutais empregados na manutenção da posição do navio) exceder de 80 % da sua capacidade total ou se a potência total consumida pelos “Thruster” exceder de 80 % do total disponível, por um tempo maior do que um pequeno e isolado período (máximo de trinta minutos), em ambos os casos.

Em caso de mergulho com sino fechado, nessa situação deverão ser informadas todas as pessoas responsáveis pela operação, devendo ser determinado o retorno dos mergulhadores ao sino, bem como, o selo da sua escotilha. O responsável pela operação deverá então avaliar se, nas condições encontradas, poderá ser continuado o mergulho ou a operação deverá ser abortada.

O mergulho deverá ser imediatamente abortado e os mergulhadores trazidos à superfície, se o mergulho estiver sendo conduzido com sino aberto (sinete) ou cesta de mergulho (obrigatório para mergulhos a ar e de intervenção a partir de embarcações dotadas de posicionamento dinâmico). Nesse caso, deverá ser adotado o procedimento para descompressão na superfície com emprego de oxigênio, devendo ainda ser estabelecido procedimento de emergência para o caso de ser necessário trazer o mergulhador à superfície sem completar toda a descompressão e tratá-lo adequadamente.

C. Alerta nível dois

Situação em que o mau funcionamento de um sistema resulta em imediato e provável risco da perda de posição ou que exista risco real de colisão.

Nessa situação deverão ser informadas todas as pessoas responsáveis pela operação, devendo ser determinado o retorno dos mergulhadores ao sino, bem como, o selo da sua escotilha. O sino deverá ser içado o mais rapidamente possível.

O procedimento para mergulhos com ar comprimido e sino aberto (sinete) é idêntico ao adotado para o alerta nível um.

2. Classificação.

As embarcações de posicionamento dinâmico utilizadas para operações de mergulho deverão ser classificadas como Classe 3, conforme estabelecido pela Circular MSC/Circ.645, de 06/06/1994, da Organização Marítima Internacional – IMO.

3. Limites operacionais

As seguintes condições constituem limitações básicas para que sejam efetuados mergulhos a partir de embarcações de posicionamento dinâmico:

- embarcação em movimento ou sem ter estabelecido posicionamento dinâmico efetivo;
- ausência de recurso para impedir que o mergulhador seja afetado pelos movimentos gerados na água pelos hélices e pelos *thrusters*;
- risco para o mergulhador devido à variação de posição da embarcação.

4. Documento de verificação e aceitação do Estado de bandeira brasileira

As embarcações ou plataformas dotadas de posicionamento dinâmico a partir das quais serão realizadas operações de mergulho deverão, além da notação de classe referida no item 2, possuir o Documento de Verificação e Aceitação de Navios com Posicionamento Dinâmico – FSVAD, emitido de acordo com a Circular MSC - 645 Recomendações para Navios Dotados de Sistemas de Posicionamento Dinâmico, do Comitê de Segurança Marítima da Organização Marítima Internacional – IMO.

O modelo de FSVAD consta do ANEXO 13-A e está anexado nesta monografia.

5. Mergulho orientado da superfície a partir de embarcação com posicionamento dinâmico

Antes de realizar qualquer operação de mergulho orientado da superfície a partir de uma embarcação com posicionamento dinâmico, toda a equipe de mergulho deverá estar completamente instruída e familiarizada com o planejamento da operação.

Os tópicos a serem apresentados devem incluir pelo menos os seguintes:

- A. Deverá ser mostrado para toda a equipe um desenho com o navio que identifique a localização da estação de controle de mergulho, o ponto de lançamento na água, posição do mergulhador guia (“tender”), cabos de “Taut Wire”, guindastes, “thrusters” e hélices. O desenho deverá ser preferencialmente em escala e deverá identificar se os “thrusters” são tipo azimutal ou instalado dentro de túneis no costado;
- B. O supervisor deve enfatizar a necessidade de boas comunicações, vigilância constante e consenso entre os componentes da equipe;
- C. Todo componente da equipe, em particular o guia do mergulhador, deverá informar ao Supervisor quaisquer circunstâncias que considerem que venha comprometer a segurança do mergulho. Essas considerações não devem ficar restritas à operação ou à própria embarcação, mas, sim deverão incluir também qualquer ação externa que afete o local de trabalho como a aproximação de outras embarcações, mudança do estado do mar, redução de visibilidade e outras.

- D. Todos da equipe de mergulho deverão estar perfeitamente cientes das suas atribuições e responsabilidades, devendo o desempenho de cada um ser acompanhado atentamente pelo Supervisor;
- E. As pessoas chaves do controle de posicionamento da embarcação também deverão participar na reunião de instrução da equipe;
- F. Deverá ser enfatizado que cada nova operação deve ser considerada como a primeira. Ninguém poderá se considerar completamente familiarizado com a embarcação, com as técnicas de mergulho empregadas e com os riscos envolvidos, devendo participar inteiramente das discussões.
- G. Em operações nas quais o mergulhador é lançado diretamente na água, o comprimento do seu umbilical não deverá permitir que este venha acidentalmente alcançar os hélices ou “thrusters”.
- H. Nos caso em que a restrição do comprimento do umbilical como acima estabelecido impeça que o mergulhador alcance o local do trabalho, poderá ser empregado um sino aberto (sinete) ou cesta de mergulho, dotados de peso guia, a partir do qual o umbilical dos mergulhadores é conectado. Nesse caso, contudo, o comprimento do umbilical do mergulhador deverá ser tal que não lhe permita atingir o hélice ou o “thruster” a partir do sino ou da cesta, sendo inteiramente proibido o mergulhador sair do sino antes a após o sino ter deixado o fundo.
- I. Essas operações requerem que o guia do mergulhador (no sino/cesta ou na superfície) possa ouvir toda comunicação entre o Mergulhador e o Supervisor e deve poder falar diretamente com o Supervisor em caso de necessidade.
- J. O umbilical do mergulhador deverá ser guiado manualmente durante todo o tempo e nunca deverá ser deixado com folga em demasia, independentemente estar sendo guiado a partir da superfície ou do sino/cesta.
- K. Tanto quanto possível o guia do mergulhador deverá estar protegido do tempo e de qualquer fator que possa trazer desconforto ou desatenção, devendo ainda ser substituído a intervalos regulares.
- L. Procedimentos escritos deverão ser preparados e atentamente monitorados para que o mergulhador entre a saia da água em segurança e que seja guiado de modo adequado e seguro todo o tempo.

M. Esses procedimentos deverão prever a necessidade de remover o mergulhador da água e leva -lo para a câmara de recompressão (hiperbárica) dentro do tempo máximo de quatro minutos, em caso de acidente.

N. O umbilical do mergulhador e do guia do sino deverá ser marcado a intervalos regulares. O guia do mergulhador deverá informar ao Supervisor o comprimento de umbilical que deverá ser liberado de modo a permitir ao mergulhador alcançar o local de trabalho, bem como, o comprimento de umbilical que permitiria alcançar o hélice ou “thruster” mais próximo.

O. Ao ter liberado o comprimento previsto de umbilical o Guia deverá informar ao Supervisor, bem como, qualquer variação no comprimento de umbilical liberado.

P. O Supervisor deverá estar posicionado durante o mergulho de modo a acompanhar e supervisionar adequadamente todos os componentes da equipe.

Q. Deverá ser estabelecida comunicação direta e sem interferência entre o Supervisor e o responsável pela operação do sistema de posicionamento dinâmico da embarcação.

6. Operações em águas rasas.

Operação com embarcações de posicionamento dinâmico em águas rasa, normalmente menores do que 25 metros de profundidade, podem apresentar outros tipos de interferência que afetam a segurança da operação de mergulho .

Entre os aspectos com maior grau de interferência estão:

A. Possibilidade maior do respondedor acústico do sistema de referência ficar fora do ângulo de leitura do transpondedor no casco do navio.

B. Distorção do sinal acústico pelas bolhas do mergulhador.

C. Ecos espúrios de estruturas ou do próprio leito marinho.

D. Maior facilidade do sino, do mergulhador ou de outros equipamentos se interporem entre os transpondedores.

E. Interferência acústica causada por equipamentos de jato de água sob pressão, bolhas de equipamentos pneumáticos ou outros equipamentos. O emprego desses equipamentos deverá ser informado ao operador do sistema de posicionamento dinâmico.

7. Manual de operação

As embarcações dotadas de posicionamento dinâmico deverão ser dotadas de Manual de Operações específico para esse tipo de navio, devendo o referido manual conter no mínimo os seguintes assuntos:

- Lista de Verificação para Posição Inicial (pré-operação);
- Lista de Verificação de Quarto (durante a operação);
- Instruções para Posicionamento dinâmico;
- Lista e Instruções para Testes Anuais (para endosso do FSVAD);
- Lista e Instruções para Testes Iniciais e Periódicos (para emissão e renovação do FSVAD); e
- Lista e Instruções para Testes Após Modificações ou Identificação de Não conformidades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por conseguinte, pode-se concluir que o SPD trata-se de um sistema baseado em um modelo matemático da reação de um objeto, em função das forças que agem sobre a mesma, sendo responsável por controlar a posição e aproamento de uma embarcação distribuindo as forças nos propulsores de modo a gerar uma força resultante no sentido e intensidade necessários para manter a embarcação conforme as necessidades do operador.

Foi possível, também, corroborar a importância dessa tecnologia no meio marítimo, uma vez que ela é utilizada como um sistema hidrodinâmico necessário para manter uma embarcação em uma mesma posição, sendo esse recurso amplamente usufruído nas operações *offshore* da indústria do petróleo.

Portanto, o desenvolvimento e implementação do sistema de posicionamento dinâmico se mostrou de extrema importância devido aos progressos realizados não só, mas também, no meio marítimo com a exploração de uma das principais fontes de energia da atualidade, o petróleo, entre outros.

ANEXOS



Documento nº _____

**DOCUMENTO DE VERIFICAÇÃO E ACEITAÇÃO DE NAVIOS
COM POSICIONAMENTO DINÂMICO**
Emitido sob as disposições das Recomendações para Navios com Sistema de
Posicionamento Dinâmico (Circular MSC - 643),
sob a autoridade do Governo da República Federativa do Brasil
(DVANPD)

Dados do navio:

Nome do navio	Indicativo de chamada	Porto de Registro	Número IMO

Data do batimento de quilha ou data em que o navio estava em um estágio similar de construção ou data em que uma conversão de maior vulto foi começada:.....

CERTIFICA-SE que o navio acima mencionado foi devidamente documentado, vistoriado, e testado de acordo com as Recomendações para Navios com Posicionamento Dinâmico (Circular MSC - 645) e encontrado de acordo com as recomendações.

O navio está autorizado a operar com a classe de equipamento de posicionamento Dinâmico..... ou classes de equipamento mais baixa.

Este documento é válido até _____
a menos que seja cancelado pela Administração, desde que o navio seja operado, testado e vistoriado de acordo com os requisitos das Recomendações e que os resultados sejam adequadamente registrados.

Emitido Data da emissão: de de 200.....
(local da emissão do certificado)

Selo ou carimbo da Sociedade Classificadora

Pessoa autorizada (nome e assinatura)

Documento nº

**DOCUMENTO DE VERIFICAÇÃO E ACEITAÇÃO DE NAVIOS COM
POSICIONAMENTO DINÂMICO**

LISTA DE ISENÇÕES E EQUIVALÊNCIAS

(Refere-se aos itens 1.4 e 1.5 das Recomendações)

Emitido Data da emissão: de de 200.....
(local da emissão do certificado)

Selo ou
carimbo
da
Sociedade
Classificadora

Pessoa autorizada (nome e assinatura)

Documento nº

**DOCUMENTO DE VERIFICAÇÃO E ACEITAÇÃO DE NAVIOS
COM POSICIONAMENTO DINÂMICO**
LISTA DOS COMPONENTES E SISTEMAS PRINCIPAIS COBERTO PELO DOCUMENTO

Emitido Data da emissão: de de 200.....
(local da emissão do certificado)

Selo ou carimbo da Sociedade Classificadora

Pessoa autorizada (nome e assinatura)

Todos os sistemas e componentes principais incluídos no sistema de posicionamento dinâmico deverão ser listados de uma maneira sistemática. Como alternativa pode ser feita uma referência a desenhos, etc. É importante que seja possível identificar todos sistemas e componentes por este Documento.
Versões em "software" deverão também ser identificadas. Equipamentos instalados após a data de emissão do DVANPD deverão somente ser incluídos na lista após controle e testes terem sido completados e as modificações e o relatório de não-conformidades assinado.

Registro dos Relatórios das Vistorias Anuais e Especial (cinco anos)

Data	Tipo de Teste	Observações	Referência do Relatório Data/Número	Nome e assinatura da pessoa autorizada	Nome e assinatura do Comandante ou Superintendente da embarcação

Selo ou
carimbo
da
Sociedade
Classificadora

Todos os relatórios deverão ser arquivados junto com este Documento para uso durante as próximas vistorias e testes pelos vistoriadores, inspetores da Administração.



Document nº _____

**FLAG STATE VERIFICATION AND ACCEPTANCE DOCUMENT
OF SHIPS WITH DYNAMIC POSITIONING SYSTEM**
Issued under the provision of the Guidelines for Vessels with Dynamic
Positioning Systems (MSC/CIRC 643),
under the authority of the Government of Brazil
(FSVAD)

Particulars of Ship:

Name of Ship	Distinctive number or letters	Port of Registry	IMO Number

Date on which keel was laid or vessel was at similar stage of construction or on which major conversion was commenced :

THIS IS TO CERTIFY that the above mentioned vessel has been duly documented, surveyed, and tested in accordance with the Guidelines for Vessels with Dynamic Positioning Systems (MSC/Circ 645) and found to comply with the Guidelines.

The vessel is allowed to operate in DP Equipment Class and in lower equipment classes.

This document remains valid until unless terminated by the Administration, provided that the vessel is operated, tested, and surveyed according to the requirements in the guidelines and the results are properly recorded.

Issued at _____
(place of issue of document)

Date of issue _____

Seal or stamp of the Classification Society

Name and signature of authorized official

Document nº _____

**FLAG STATE VERIFICATION AND ACCEPTANCE DOCUMENT OF SHIPS WITH DYNAMIC
POSITIONING SYSTEM
LIST OF EXEMPTIONS AND EQUIVALENTS**
(Refer to items 1.4 and 1.5 of the Guidelines)

Issued at _____
(place of issue of document)

Date of issue _____

Seal or stamp of the Classification Society

Name and signature of authorized official

Document ID: _____

**FLAG STATE VERIFICATION AND ACCEPTANCE DOCUMENT OF SHIPS WITH DYNAMIC
POSITIONING SYSTEM
LIST OF MAIN SYSTEMS AND COMPONENTS COVERED BY THE DOCUMENT**

Seal or
stamp
of the
Classification
Society

Name and signature of authorized official

All main system and components included in the dynamic positioning system are to be listed in a systematic way. As an alternative reference can be made to drawings, etc. It is important that it is possible by this list to identify. Equipment installed after date of issuing FSVAD should only be included in the list after control and testing has been completed and modifications and non-conformities report signed.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 – GERCK, Hermann Regazzi; MARTINS, Maria Cristina Soares. Apostila Tipos de Plataforma.
- 2 – SANTOS, Edson Mesquita dos. Um simulador de manobras em tempo real com sistema de posicionamento dinâmico.
- 3 – Kongsberg Simrad A.S. Dynamic positioning (DP) basic operator course.
- 4 – Kongsberg Simrad A.S. Software DP Introduction
- 5 – Hidrografico Marinha Portuguesa. Disponível em:
<<http://www.hidrografico.pt/rov-remotely-operated-vehicle.php>>. Acessado em: 22/04/2010.
- 6 – Diretoria de Portos e Costas. Disponível em:
<https://www.dpc.mar.mil.br/normam/N_15/N15_ANEXO13a.pdf>. Acessado em: 02/06/2010.
- 7 – Diretoria de Portos e Costas. Disponível em:
<https://www.dpc.mar.mil.br/normam/N_15/N15_CAP13.pdf>. Acessado em: 02/06/2010.
- 8 – Petrobrás. Disponível em:
<http://www2.petrobras.com.br/Petrobras/portugues/plataforma/pla_tipo_plataforma.htm>. Acessado em: 11/05/2010.