

## INTRODUÇÃO

Com a descoberta de petróleo no mar, o homem se lançou em busca do combustível para aumentar sua produção, fazendo necessário o surgimento de equipamentos novos para que fosse possível a extração.

A profundidade onde eram encontrados petróleo e gás foi crescendo, trazendo mais dificuldades e mostrando que os equipamentos até então disponíveis não eram eficazes para extração em águas profundas.

Foi necessário criar um sistema que permitisse manter as plataformas e embarcações sob mínima influência de agentes externos como vento, maré, ondas e correntes, visto que não era possível fixar as plataformas no fundo do mar. Com isso foi desenvolvido o Sistema de Posicionamento Dinâmico, que previa minimizar estes efeitos e tornar possível a extração.

O posicionamento dinâmico é um sistema que controla automaticamente a posição e o aproamento de uma embarcação por meio de propulsão ativa com especificações próprias, diferindo dos propulsores comumente utilizados em navegação. No geral, corresponde a um complexo sistema de controle, composto por sensores (*Global Positioning System* - GPS, sonar, anemômetros, giroscópios etc.), atuadores (propulsores e leme) e um processador central responsável pela execução do algoritmo de controle e pela troca de informações com o operador.

Tratarei neste trabalho sobre a função, onde são utilizados, importância e outros aspectos desse sistema que cada vez se torna mais importante e essencial no meio marítimo.

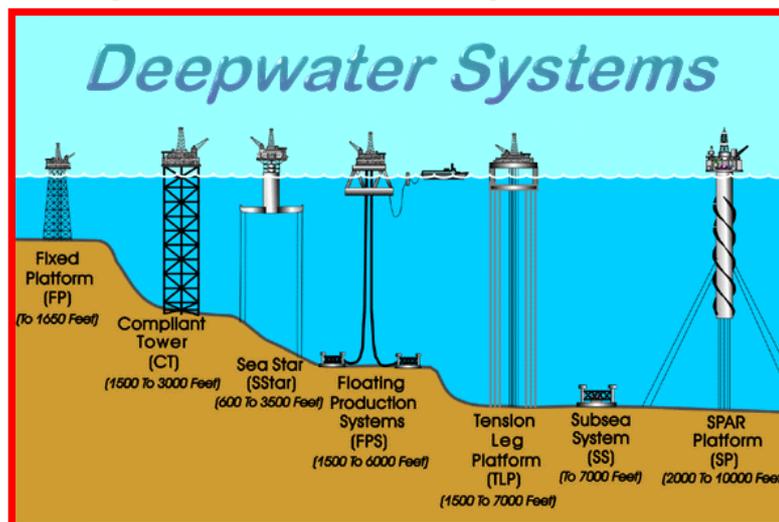


Figura 1 – Evolução dos sistemas de extração

# CAPÍTULO I

## HISTÓRICO

Antes do surgimento dos Sistemas *Dynamic Positioning* (DP), a única forma de se manter uma embarcação em uma determinada posição, utilizando somente o seu sistema de propulsão, era acionando individualmente cada um dos propulsores à medida que o operador observava um afastamento da posição desejada. Entretanto, devido às condições meteorológicas e de mar comumente encontradas em áreas de prospecção de petróleo, fez-se necessário o surgimento de sistemas mais precisos.

Os primeiros poços de petróleo no mar foram perfurados no Mar Cáspio e na Califórnia, estes últimos eram ligados à costa por meio de piers, mas não duraram muito tempo e foram substituídos pelas plataformas de perfuração atuais.

A instalação destas plataformas era cara, assim como sua movimentação. A fixação dava-se através de pesos e âncoras que limitavam o movimento das mesmas e permitiam a perfuração em águas mais profundas.

O uso do primeiro sistema de posicionamento dinâmico ocorreu em 1957 com o navio sonda (NS) CUSS I. Ele possuía quatro propulsores e recebia um sinal de radio de um transmissor colocado no fundo do mar (quatro boias ancoradas dotadas de refletores radar), para manter a posição. Em março de 1961, utilizando o primeiro sistema de posicionamento dinâmico, fez perfurações em profundidade de 948 metros na Califórnia.

No mesmo ano de 1961 a *Shell Oil Company* lançou o navio de perfuração “*Eureka*” que portava um controle automático para o Sistema DP, que tinha suporte de computador analógico-digital, propulsores, thrusters, taut wire e beacons. Em seguida a *Caldrill Offshore Company* lançou o NS Caldrill 1. Os dois puderam perfurar em profundidades maiores que 1300 metros.

No mesmo ano surgiu o conceito de redundância, que tinha o intuito de evitar interrupções na operação em decorrência de falhas de componentes. No ano de 1969, surgiu o sistema Glomar Challenger, que utilizava um computador analógico. Com isso, a técnica foi

consolidada e a partir desse ano, o número de embarcações com o sistema DP foi aumentando gradativamente. Em 1980, o número de navios utilizando o Sistema DP era em torno de 65 e em 1985 já havia 150 navios.

No ano de 2005, foi constatada na bacia de campos a existência de mais de 50 embarcações com o sistema. Hoje em dia existem cerca 1.000 embarcações equipadas com este sistema, algumas engajadas em operações não relacionadas à indústria do petróleo.



**Figura 2 - "CUSS I"**

## CAPÍTULO II

### SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO

#### 2.1- Definição

A definição da *International Maritime Organization* (IMO) trata a embarcação de posicionamento dinâmico como aquela que mantém automaticamente sua posição (ponto fixo ou trajetória predefinida) exclusivamente por meio de propulsores. O Sistema de Posicionamento Dinâmico caracteriza-se por ser um sistema computadorizado que tem a finalidade de manter a embarcação em uma mesma posição e estabelecer o aproamento automaticamente através de um conjugado de propulsores, impelidores e leme. Um computador central processa os dados obtidos por sensores como a agulha giroscópica, anemômetro e GPS, e compara com a posição e a direção da proa determinadas pelo operador, determinando assim o desvio e conseqüentemente a força aplicada pelos thrusters a fim de manter-se na posição pré-estabelecida.

#### 2.2- Graus de Liberdade de uma Embarcação

As embarcações possuem movimento em seis direções distintas, sendo três de rotação (*pitch*, *roll* e *yaw*) e três de translação (*surge*, *sway* e *heave*). Esses movimentos são chamados de Graus de Liberdade.

##### 2.2.1- *Pitch*

Conhecido como caturro em português, o *pitch* é o giro em torno do eixo transversal do navio com o movimento da proa para cima e para baixo.

##### 2.2.2- *Roll*

O balanço, em português, tem característica de giro sobre o eixo longitudinal, os bordos se movimentam alternadamente para cima e para baixo.

### 2.2.3- *Yaw*

Cabeceio, como é conhecido o *yaw*, é um movimento em torno do eixo que consiste basicamente no giro da proa.

### 2.2.4- *Surge*

O “avanço e recuo” (*surge*) é o movimento longitudinal que percorre o eixo para frente e para trás.

### 2.2.5- *Sway*

É o movimento que percorre o eixo transversal do navio, de um lado para o outro (caimento).

### 2.2.6- *Heave*

No eixo vertical ocorre a arfagem (*heave*), que é o movimento vertical da embarcação, influenciado pelas ondas.

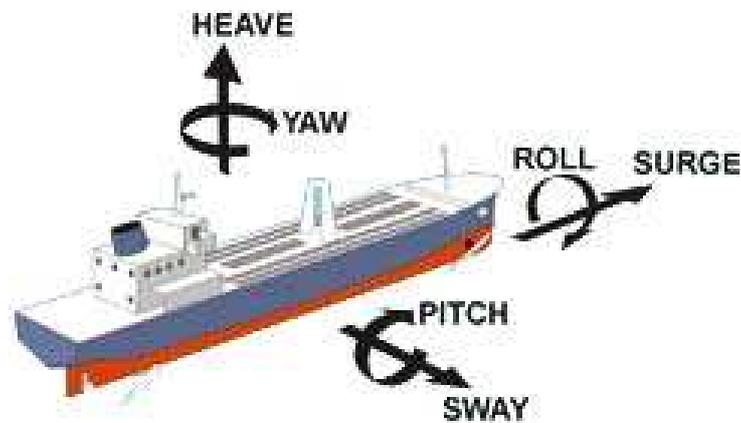


Figura 3 – Graus de liberdade de uma embarcação

## 2.3- Influências Externas

O Sistema de DP foi criado para minimizar os efeitos de forças externas que atuam nas embarcações. Pode-se dizer que as forças que atuam nas embarcações são: vento, maré, corrente, ondas e influências dos propulsores (descargas transversais e longitudinais).

Essas forças externas criam os seis graus de liberdade do navio. O Sistema DP consegue controlar o efeito de três desses graus que são *surge*, *sway* e *yaw*. Os demais graus devem ser monitorados, pois influenciam em alguns sistemas de referência de posição.

#### 2.4- Princípios Básicos e Aplicações

Como dito anteriormente, o sistema de posicionamento dinâmico pode ser descrito como a integração de um determinado número de sistemas da embarcação com a finalidade de se manter ativamente a posição ou obter controle automatizado de manobras e navegação. Seu sistema básico pode ser dividido em três partes principais: Sistema de controle DP; Sistema de geração, distribuição e gerenciamento de energia; e Sistema de referência de posição e sensores.

A função principal do sistema é permitir que a embarcação mantenha a posição e o aproamento ordenado controlado por valores inseridos pelo operador. A posição é obtida através de um ou mais sistemas de referências de posição e a informação sobre o aproamento é obtida por meio de uma ou mais agulhas giroscópicas.

A diferença entre a posição e o aproamento desejados e a posição ou aproamento reais deve ser calculada em tempo real a fim de se obter a defasagem ou *offset* da posição e do aproamento (*heading*). O sistema DP como um todo opera no sentido de minimizar o *offset* emitindo ao sistema de propulsão comandos para realização da correção necessária a fim de restabelecer o posicionamento e o aproamento desejados.

A embarcação deve possuir meios para manter a posição e o aproamento dentro dos limites aceitáveis, através de sensores que permitem ao sistema calcular e aplicar a força necessária para compensar essas mudanças de maneira mais rápida possível.

O operador desse sistema (DPO – *Dynamic Positioning Operator*) além de manter a embarcação parada, pode utilizar-se do recurso de inserir uma nova posição ou aproamento usando o console de controle para a posição e escolhendo o *rate-of-turn* ( Razão de Guinada) para o aproamento.

Alguns navios podem utilizar o sistema de posicionamento dinâmico para seguir uma derrota pré-determinada. Outras embarcações utilizam-se do SDP para permanecerem no

interior de uma zona de tolerância ao redor de um ponto fixo. Mais uma utilidade desse sistema é o de permitir que as embarcações possam monitorar e seguir um *Remotely operated underwater vehicle* (ROV), assunto que será tratado mais a frente.

Seguem abaixo exemplos de onde o Sistema DP pode ser utilizado:

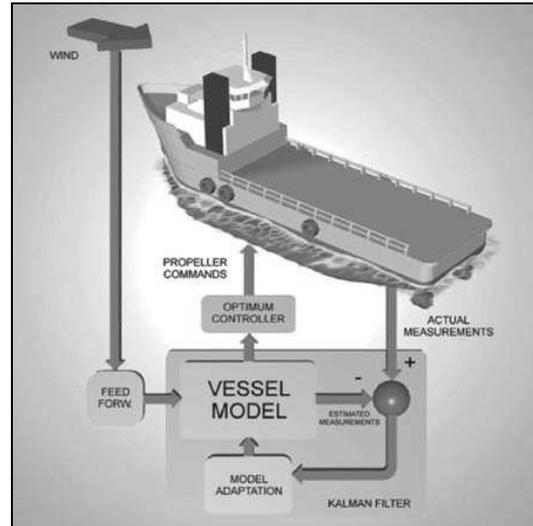
- Perfuração de campos petrolíferos, produção e processamento;
- Estimulação de poços de petróleo;
- Navios tanques aliviadores (“*shuttle tankers*”);
- Embarcações “*Supply*” (*Platform Supply Vessel* - PSV);
- Manuseio de âncoras (*Anchor Handling Tug Supply* - AHTS);
- Suporte a mergulho (*Diving Support Vessel* - DSV) e operações com ROV;
- Lançamento de linhas (tubulações rígidas e flexíveis);
- Lançamento e reparo de cabos submarinos;
- Serviços de acomodação (flotel);
- Levantamento hidrográfico e pesquisa oceanográfica;
- Plataforma para lançamento de foguetes;
- Mineração subaquática;
- Navios de passageiros;
- Unidades de resgate.



Figura 4 – Embarcações

## 2.5- Filtro Kalman

O filtro de Kalman é frequentemente usado para estimar o movimento do navio tendo como referência apenas a posição oriunda de sinais de diversos tipos de sensores. O comportamento do navio será descrito através de um modelo matemático linear, fazendo uso de processos probabilísticos para filtrar as incertezas de posição. A estimativa das variáveis de estado (posição e velocidade) será feita para uma condição ótima, ou seja, a melhor estimativa será baseada na correção de cada medida individual.



**Figura 5 – Filtro Kalman**

## 2.6- Classes do Sistema DP

As classificações de um sistema de posicionamento dinâmico são caracterizadas pela redundância de equipamentos e sistemas de controle. Segundo a definição da IMO, redundância significa reserva, que deve existir pois não se pode perder o aproamento ou a posição devido a falhas simples. Isso se dá pela instalação de múltiplos componentes, sistemas ou meios alternativos para executar com êxito todas as funções. Com peças sobressalentes para uma possível falha em algum equipamento temos um sistema constantemente operacional mesmo sob condições adversas.

Existem quatro classes de posicionamento dinâmico e são chamadas de: DP classe 0, DP classe 1, DP classe 2 e DP classe 3.

DP classe 0: É a classe mais básica, possui controle automático de aproamento e controle manual de posição.

DP classe 1: possui controles de aproamento e posição automáticos, porém não possui redundância completa, podendo sair de posição com alguma falha simples.

DP classe 2: possui controles de aproamento e posição automáticos e possui redundância completa, garantindo o funcionamento pleno do sistema em caso de falha em um componente ativo ou de algum dos subsistemas (geradores, impelidores, sensores e etc.), mas

está sujeito a mal funcionamento em caso de falha em algum componente estático como cabos e tubulações.

DP classe 3: possui controles automáticos de aproamento e posição e tripla redundância, inclusive de impelidores e geradores de energia. Possui uma estação de controle reserva em um compartimento estanque e resistente a fogo, para o caso de avarias na estação de controle principal.

IMO	NMD	Class notation						
Equipment class	Consequence	DNV		Lloyds	ABS	BV	GL	KR
	NMD CLASS 0			DP (CM)	DPS-0	DYNAPO S SAM		
		DYNPOS AUTS	A dynamic positioning system without redundancy.					
CLASS 1	NMD CLASS 1	DYNPOS AUT	A dynamic positioning system, with an independent joystick back-up and a positioning reference back-up.	DP (AM)	DPS-1	DYNAPO S AM/AT	DP 1	DPS(1)
CLASS 2	NMD CLASS 2	DYNPOS AUTR	A dynamic positioning system with redundancy in technical design and with an independent joystick back-up.	DP (AA)	DPS-2	DYNAPO S AM/AT R	DP 2	DPS(2)
CLASS 3	NMD CLASS 3	DYNPOS AUTRO	A dynamic positioning system with redundancy in technical design and with an independent joystick back-up. Plus a back-up DP-control system in an emergency DP-control centre designed with	DP (AAA)	DPS-3	DYNAPO S AM/AT RS	DP 3	DPS(3)

**Figura 6 – Tabela das Classes de DP**

## CAPÍTULO III

### SUBSISTEMAS

#### 3.1- Sistemas de Sensoriamento

O sistema de sensoriamento é um conjunto de sensores que são responsáveis pela coleta de dados que ajudam na determinação da posição atual. Estes equipamentos, em sua maioria, possuem redundância para garantir o bom funcionamento e evitar falhas.

##### 3.1.1- Sensor de Aproamento

Agulha Giroscópica- É um equipamento usado para o controle do aproamento e na transformação de coordenadas. Ela está relacionada a um giroscópio de pêndulo com um rotor que gira a 11.500 RPM. A agulha não é de total confiança, pois pode apresentar erros.



Figura 7 – Agulha Giroscópica

##### 3.1.2- Sensor de Velocidade

Odômetro de efeito doppler- Este equipamento indica o segmento do navio para vante ou para ré em relação ao fundo e também a tendência de giro da proa da popa para um dos bordos. Ele é útil nas manobras de atracação e desatracação uma vez que fornece informações precisas.



Figura 8 – Indicador Doppler speed log

### 3.1.3- Sensor de Vento

Anemômetro- Fornece direção e velocidade do vento local. Ele também é utilizado para melhorar o controle informando as mudanças de vento em tempo real. O problema deste sensor é que ele é influenciado por regiões de sombra, helicópteros e localização da própria unidade de leitura do vento.

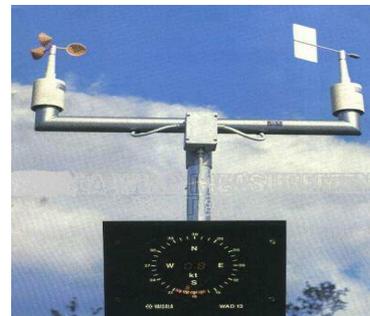


Figura 9 – Anemômetro

### 3.1.4- Sensores de movimentos verticais – *VERTICAL REFERENCE UNIT (VRU)*

Fornecem as informações sobre *roll* e *pitch*. Os valores obtidos, de acordo com esses movimentos, são compensados no momento do cálculo do modelo matemático. No entanto, algumas embarcações não possuem este sensor e os cálculos são feitos sem a compensação dos efeitos de mar e vento.



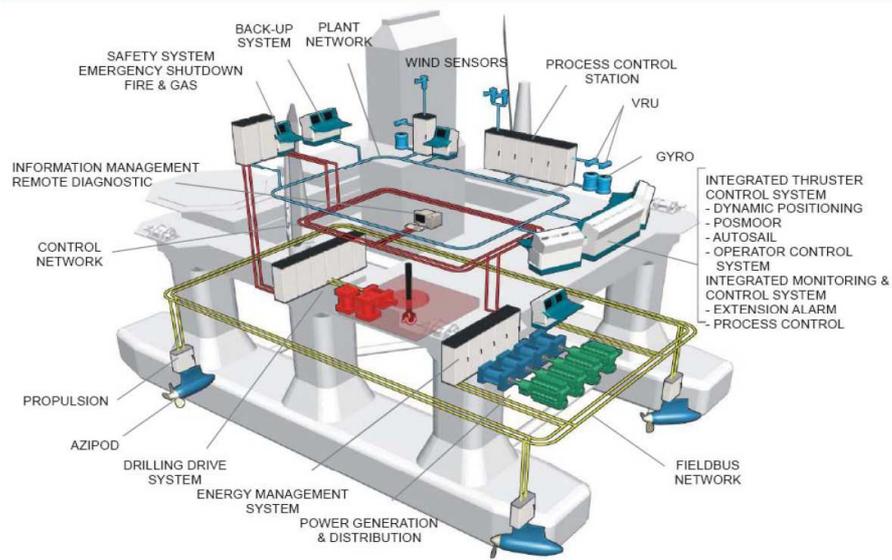
**Figura 10 – VRU**

### **3.2- Sistemas de Alimentação**

A geração, distribuição e gerenciamento de energia são componentes fundamentais. É necessária a constante manutenção da tensão e da frequência de alimentação do sistema para que este esteja sempre ativo. A energia alimenta os propulsores (os maiores consumidores de energia), sistemas de controle, equipamentos que fornecem posição e sensores, além das necessidades energéticas da própria embarcação. Existem diferentes tipos de equipamentos que fornecem energia, destacando-se os sistemas diesel-elétricos e os motores a diesel.

Devido a grandes mudanças nas condições climáticas e ambientais, os thrusters necessitam de grandes e constantes mudanças na potência recebida, a fim de manter a embarcação na posição correta. Com isso o sistema deve ser o mais eficiente possível para evitar consumo desnecessário de combustível nessas operações.

A maioria das embarcações DP é equipada com uma ou mais plantas de geração de energia a partir de alternadores, com todos os thrusters e demais consumidores alimentados por barramentos interligados a esses grupos de moto-geradores.



**Figura 11 – Sistema de geração e distribuição de energia**

### 3.3- Sistemas de Propulsão

È o sistema responsável por transformar a energia elétrica fornecida pelos geradores em energia cinética. A direção e a intensidade de aplicação das forças são determinadas pelo sistema de controle do DP que irá contrabalançar as forças externas a fim de manter a embarcação sem alteração do posicionamento.

Comumente são instalados três tipos de *thrusters*: propulsores principais (*main propellers*), *tunnel thrusters* e *thrusters* azimutais. O sistema de propulsão principal pode ter um ou dois hélices e fazer parte do Sistema DP. O hélice pode ser de passo controlado com motor operando em uma velocidade de rotação constante ou de passo fixo com o motor variando sua rotação a fim de proporcionar diferentes empuxos.

Os propulsores principais são usados em conjunto com o sistema de governo. Algumas embarcações possuem lemes de alta performance que podem ser utilizados para auxiliar os propulsores azimutais e de túnel na melhoria do rendimento do deslocamento.

Os *main propellers* podem ser acionados por motores diesel ou podem ser motores elétricos como é o caso de navios sonda.

Os *thrusters* azimutais são instalados sob o casco da embarcação e podem girar 360° fornecendo potência em qualquer direção. Frequentemente são usados como propulsores principais no lugar dos hélices convencionais. Eles podem ser do tipo retrátil, caso não sejam propulsores principais, sendo suspensos após a operação, reduzindo o arrasto gerado pela unidade propulsora.



Figura 12 – *Tunnel Thrusters*



Figura 13 - *Azimuth Thruster*

### 3.4- Sistemas de referência de posição (PRS ou PME`s)

O sistema de referência de posição determina a posição da embarcação na superfície do mar ou em relação a outra embarcação, plataforma ou objeto, tanto na superfície quanto no fundo do mar. Estatísticas dizem que 75% dos problemas com DP ocorrem devido ao sistema de referência.

Podemos dividir esse sistema em dois grupos, um com sistemas de superfície, que são: GPS/DGPS, GLONASS, Artemis, sistema óptico por laser (Fanbeam, Cyscan), e o segundo grupo como sendo o de sub-superfície, que são: Hidroacústico e *Taut Wire*.

#### 3.4.1- GPS E DGPS

O GPS tem como base apresentar a posição pela triangulação de, no mínimo, três satélites informando a altura, latitude e longitude. A medição da distância é feita usando o

tempo de viagem de um sinal de rádio multiplicado pela velocidade da luz. A cobertura GPS é composta por vinte e quatro satélites que proporcionam posicionamento em tempo real, além de três satélites de reserva.

Para melhorar a precisão do GPS que é da ordem de 25m, foi criado o DGPS (*Differential Global Positioning System*), tornando o sistema DP mais confiável.

Utilizando receptores GPS fixos, situados em pontos com coordenadas conhecidas, pode-se comparar a posição dada pelos satélites com a posição dada pelo receptor fixo, detectando o erro através desta diferença, transmitindo-o ao receptor do usuário, que recebe dois tipos de sinais: um sinal GPS e um sinal diferencial, que após processados resultam no sinal DGPS.

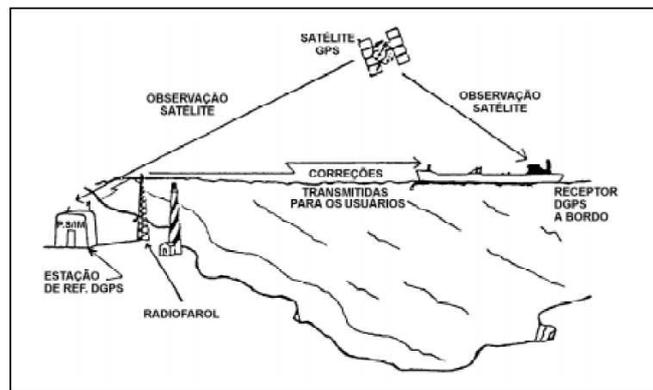


Figura 14 - Sistema de referência de posição – GPS/DGPS

### 3.4.2- GLONASS

O GLONASS (*Global Navigation Satellite System*) nada mais é que o equivalente russo do GPS e o seu funcionamento é idêntico. Ele funciona com vinte e quatro satélites em órbita, mas por causa de problemas existem hoje cerca de 10 a 12 satélites disponíveis, tornando-o inadequado para obtenção de posições precisas e confiáveis. Atualmente é possível utilizá-lo aliado ao GPS para aumentar o número de satélites disponíveis.



Figura 15 – Receptor do sistema GLONASS

### 3.4.3 - Artemis

São radares que se comunicam via ondas de rádio na frequência de 9GHz ou micro-ondas. Seu funcionamento envolve duas estações, uma localizada na embarcação DP e outra em alguma posição fixa. A estação a bordo da embarcação DP é conhecida como estação móvel e a outra unidade é a estação fixa. Cada possui uma unidade de dados de controle e uma antena. As antenas se rastreiam de modo a ficarem voltadas face a face quando a comunicação for estabelecida. A referência de posição é dada em marcação e distância.

Seu rendimento independe de condições meteorológicas e o sistema possui um grande alcance.

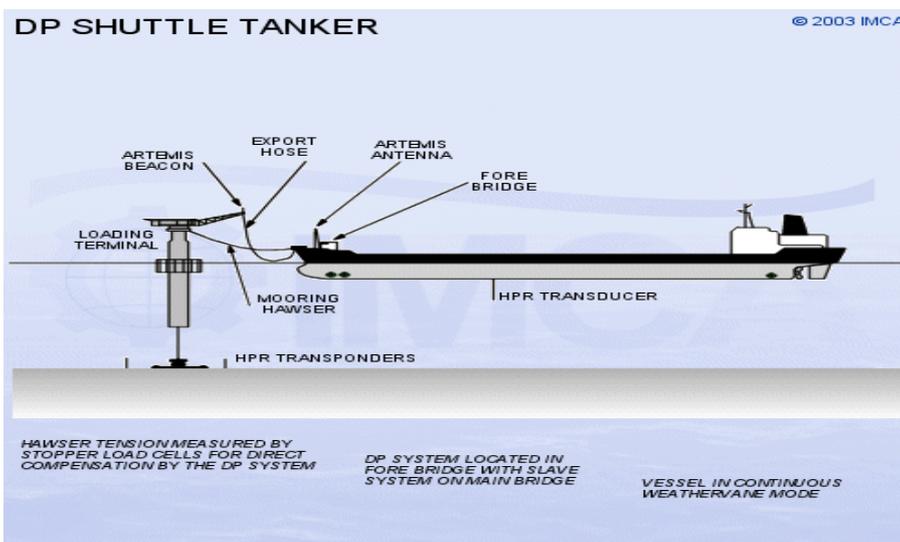


Figura 16 - Sistema de referência Artemis

### 3.4.4- Fanbeam

O sistema Fanbeam é um sistema de referência que utiliza luz infravermelha. Foi desenvolvido para auxiliar nas manobras de embarcações DP próximas a outras embarcações, plataformas fixas, semi-submersíveis ou ancoradas. Utilizam um dispositivo óptico (emissor laser) que está direcionado a um refletor posicionado em uma estação fixa. A luz é refletida e através do tempo decorrido entre a emissão e a recepção do sinal obtém-se a distância entre a embarcação e o refletor. As medidas podem ser efetuadas a uma distância de 2.000 metros e possuem precisão de até 10 centímetros, através de uma amplitude vertical de 20°.

Nas embarcações determinamos o ângulo do feixe que será emitido. As variações do ângulo do laser e a distância são vistas como uma mudança de posição da embarcação. É importante citar que a correção do posicionamento é calculada pelo sistema, que a direciona aos propulsores para o reposicionamento da embarcação.

Vale lembrar também que a capacidade de manter a embarcação no posicionamento desejado depende do estado do mar e das condições do navio.



**Figura 17 – Sistema Fanbeam**

### 3.4.5- Cyscan

O sistema Cyscan permite a utilização de mais de um refletor e compensa o movimento das ondas através de atuadores e da agulha giroscópica.



Figura 18 - Sistema Cyscan

### 3.4.6- Hidroacústico

Este sistema constitui-se de emissores de pulsos acústicos (*transponders*) que estão no fundo do mar e receptores acústicos que ficam localizados no casco da embarcação (*transducer/transceiver Hipap*). Com a excitação dos *transponders* através de um sinal acústico emitido pelo transdutor, temos o envio de um sinal de resposta com frequência diferente pelo *transponder*.

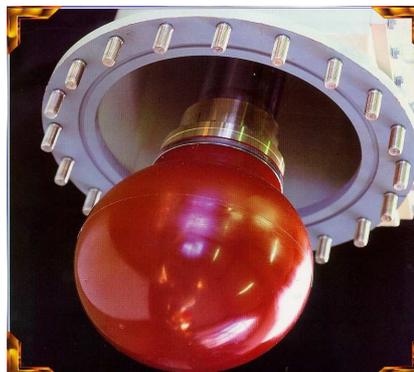
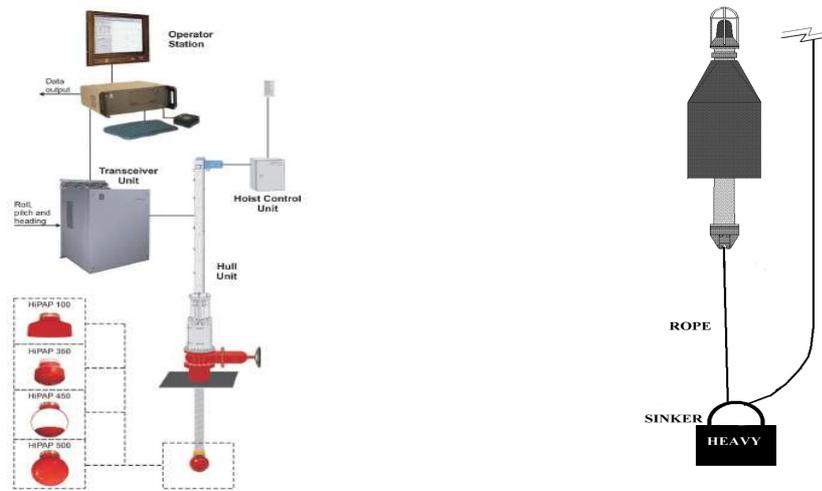


Figura 19 – Transceiver HIPAP SIMRAD

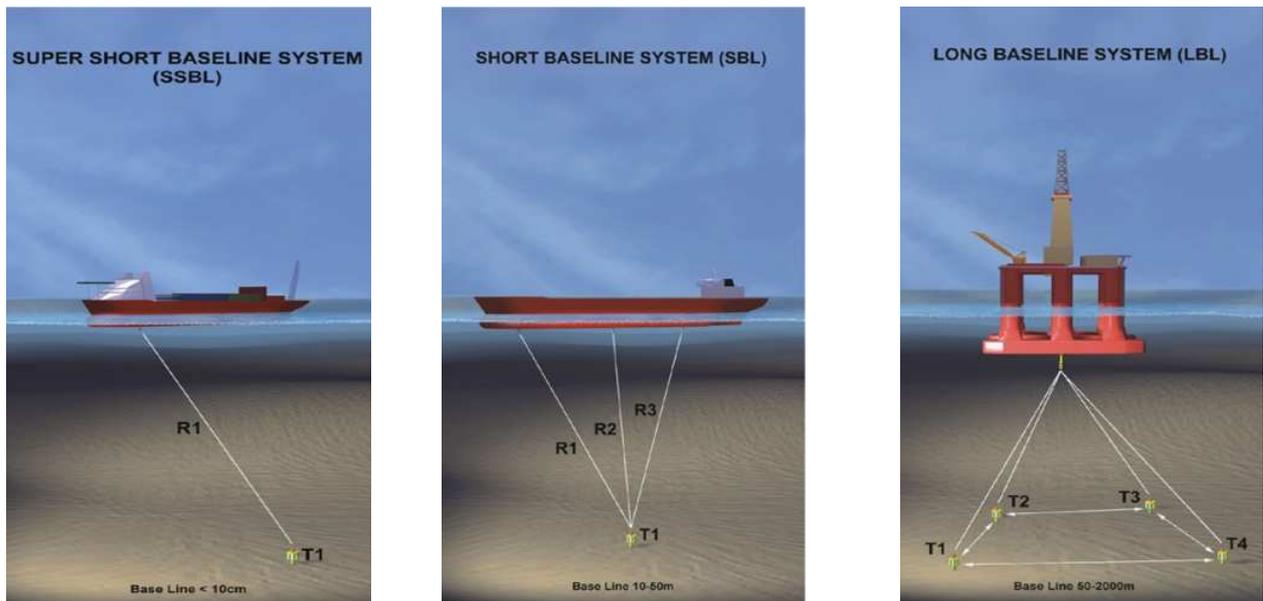


**Figura 20 – Transponder e Transdutor**

A posição da embarcação poderá ser determinada através da direção do sinal do *transponder* e do tempo da emissão e recepção do sinal. Ruídos, inclusive vindos do próprio navio, tais como os gerados pelos propulsores, aeração e turbulências, ocasionam interferências nos sinais. Os sistemas Hidroacústicos são divididos basicamente em três tipos: “*Super Short Baseline*” (SSBL), “*Long Baseline*” (LBL) e “*Short Baseline*” (SBL).

- *Super Short Baseline* (SSBL) - Fazem a determinação por dois sistemas, um através da interferência de ondas e o outro pelo intervalo de tempo. Caracteriza-se por equipamentos de tamanhos reduzidos e são os mais utilizados para tomada de posição fixa ou em deslocamento. A utilização do sistema é feita em águas de até 2500 metros de profundidade.
- *Long Baseline* (LBL) - Sistema de medida por alcance sem medida angular. Fazem a medição de distâncias através de um intervalo de tempo. Possui pelo menos três *transponders* com uma distância entre si de no mínimo 500 metros e utilizam uma frequência de 10KHz. O sistema pode ser utilizado em águas de até 4000 metros de profundidade.

- *Short Baseline (SBL)* - Os ângulos são adquiridos pela medição da defasagem entre as ondas sonoras (interferência de ondas). É caracterizado pela disposição de transdutores no casco da embarcação, dessa forma podemos ter a posição da embarcação. São necessárias correções para balanço e caturro e sua utilização é feita em águas de até 1000 metros de profundidade.

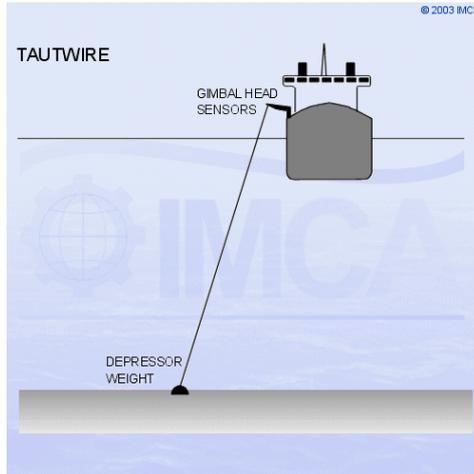


**Figura 21 - Sistema Hidroacústico**

### 3.4.7 – *Taut wire*

O sistema *Taut wire* utiliza-se de uma poita presa por um cabo que é mantido sob tensão constante por um sistema de compensadores (guinchos hidráulicos) posicionados nos bordos da embarcação. Este sistema possui sensor eletromecânico para compensar o *roll* e o *pitch*. Além disso, possui dois inclinômetros que medem os ângulos do cabo em relação aos eixos x e y, pois uma vez que a poita é lançada verticalmente próxima da locação, a leitura desses ângulos feita pelo Sistema DP permite calcular o afastamento (*offset*) da unidade. Na prática, embora seja mantido tensionado, o cabo não assume uma reta perfeita, tendo que sua curvatura ser compensada pelo inclinômetro.

O *Taut wire* pode operar em lâminas d'águas até 300 metros, sendo que alguns mais modernos podem operar até 500 metros.



**Figura 22 - Sistema *Taut wire***

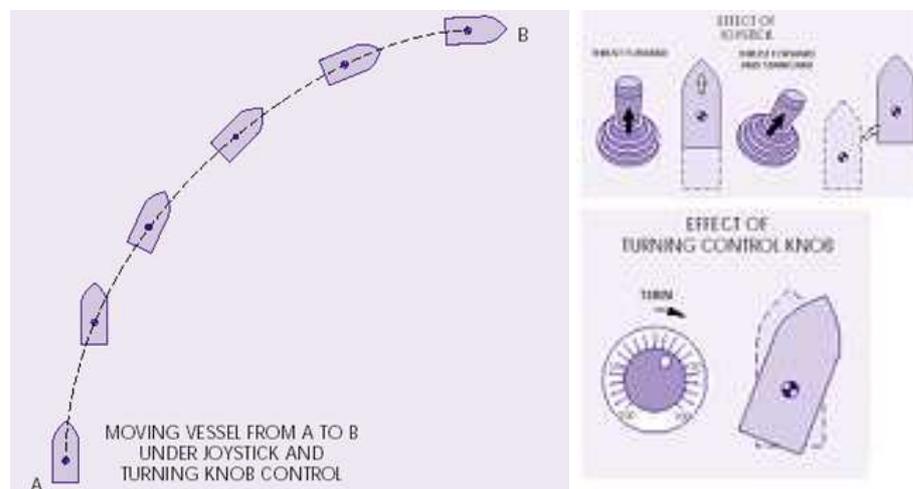
## CAPÍTULO IV

### MODOS OPERACIONAIS

O posicionamento dinâmico possui vários modos de operação, neste capítulo serão listados e explicados alguns deles. A utilização de cada modo operacional está relacionada ao tipo de manobra a ser realizada.

#### 4.1 - *Joystick Manual Heading (JSMH)*

Neste modo o usuário aplica ao *joystick* força na direção em que deseja-se que o navio se movimente. O empuxo é controlado pela intensidade com que o *joystick* é acionado e pode tanto mover a embarcação quanto mantê-la estacionária sob as forças ambientais. O aproamento é controlado pelo botão de controle de giro que faz com que a embarcação gire em torno do seu centro de rotação usando os propulsores.



**Figura 23 – JSMH**

#### 4.2 – Joystick Auto Heading (JSAH)

Como no JSMH, apenas o *joystick* controla os movimentos transversais (bombordo/boreste) e longitudinais (avante/a ré) dependendo, então, da sensibilidade do operador, enquanto o aproamento da embarcação é mantido automaticamente em um determinado valor usando o sinal vindo da agulha giroscópica. Desta maneira o botão de controle de giro é desabilitado.

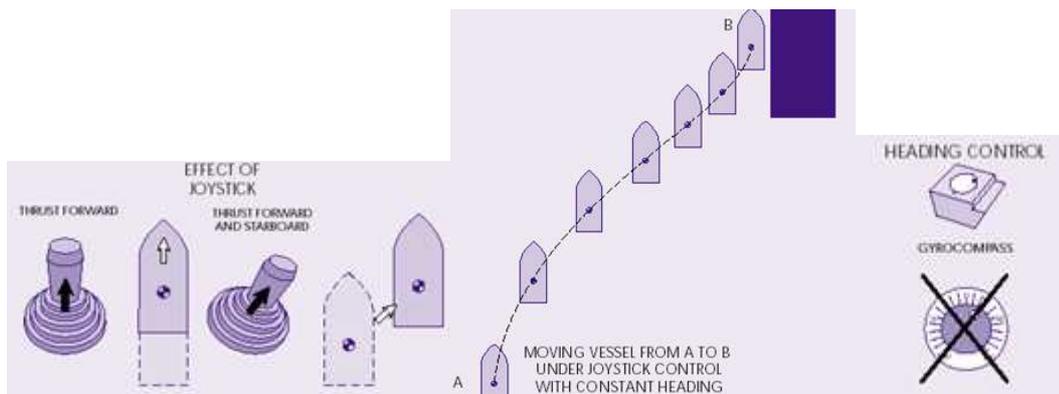


Figura 24 – JSAH

#### 4.3 – Minimum Power

Este modo mantém a posição da embarcação relativa a um ponto de referência fixo, enquanto são minimizadas as demandas de empuxo para bombordo e boreste resultante das forças ambientais sobre a embarcação. O aproamento é controlado de forma a alinhar-se com as condições meteorológicas e de mar prevalentes, minimizando a necessidade de empuxo dos propulsores.

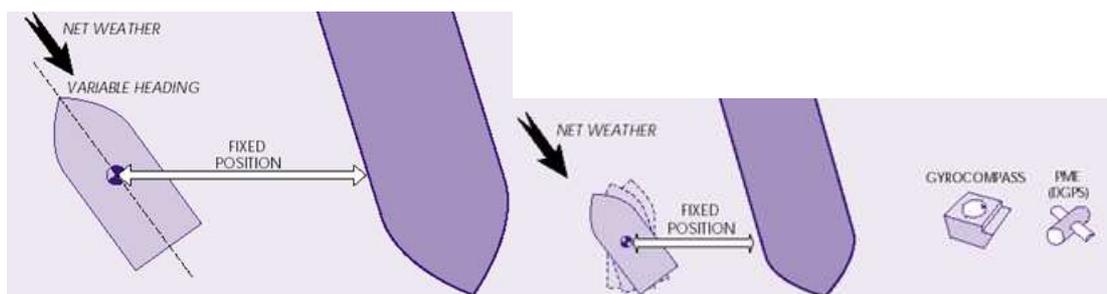


Figura 25 – Minimum power

#### 4.4 – *Auto Position*

O modo *Auto Position* mantém a embarcação numa posição fixa em relação a um ponto de referência fixo, com aproamento fixo. Nesse modo, a posição da embarcação é controlada por um PME e o aproamento é controlado por uma agulha giroscópica. Quando o modo *Auto Position* é selecionado, a posição e o aproamento da embarcação no momento são considerados como referência.

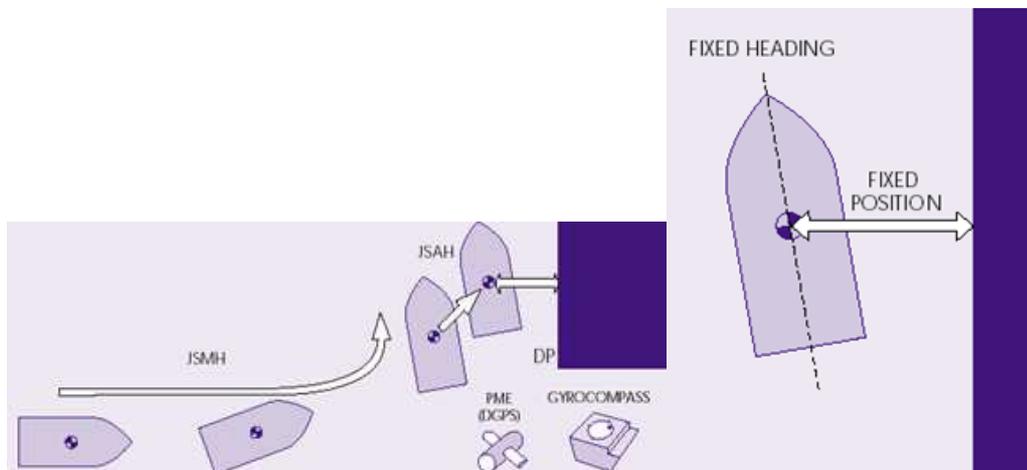


Figura 26 – *Auto Position*

#### 4.5 – *Follow Target*

Esse modo operacional é caracterizado por manter a posição da embarcação em relação a um alvo móvel chamado *Remotely Operated Vehicle* (ROV). O ROV será abordado mais detalhes no capítulo V.

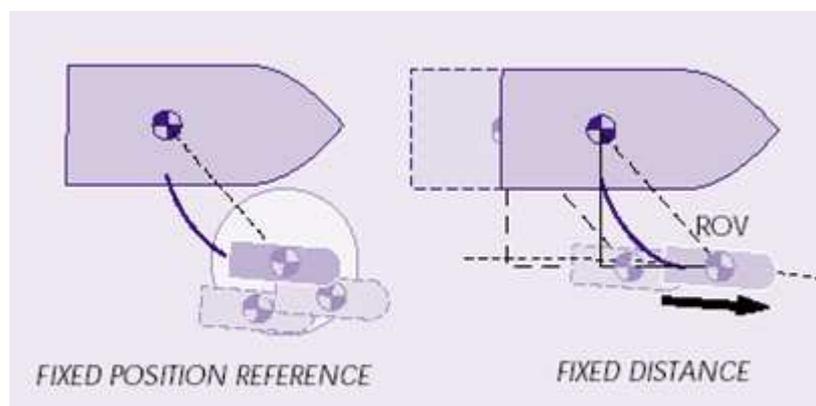


Figura 27 – *Follow Target*

#### 4.6 – *Auto Pilot*

O *Auto Pilot* é um modo de navegação rápida com o objetivo de mover a embarcação num aproamento constante. A agulha giroscópica controla o aproamento e o empuxo é controlado pelo operador por meio do *joystick*, determinando a velocidade e o rumo que deve ser mantido. O botão de controle de giro é desabilitado neste modo. Aqui tem-se a utilização dos propulsores principais e leme em função do extenso percurso a ser navegado.

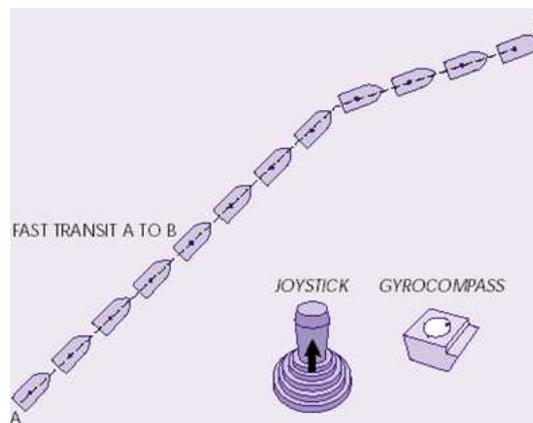
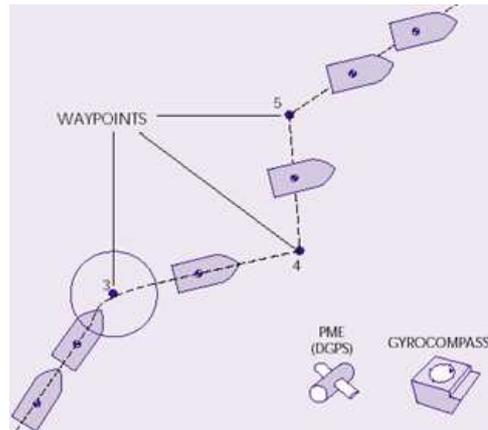


Figura 28 – *Auto Pilot*

#### 4.7 – *Track Follow*

A embarcação é movida através de uma rota determinada por dois ou mais *waypoints*. Esta rota poderá ser uma tubulação, um cabo, um plano de lançamento de linhas ou cabos flexíveis ou ainda uma rota de inspeção.

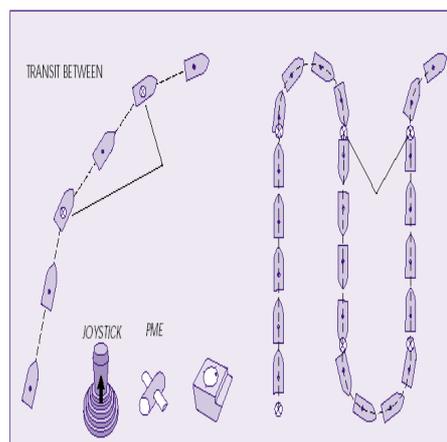
A velocidade da embarcação e o aproamento entre os *waypoints* poderão ser ajustados de forma independente e a posição da embarcação é automaticamente mantida ao longo da trajetória.



**Figura 29 – Track Follow**

#### 4.8– Auto Sail

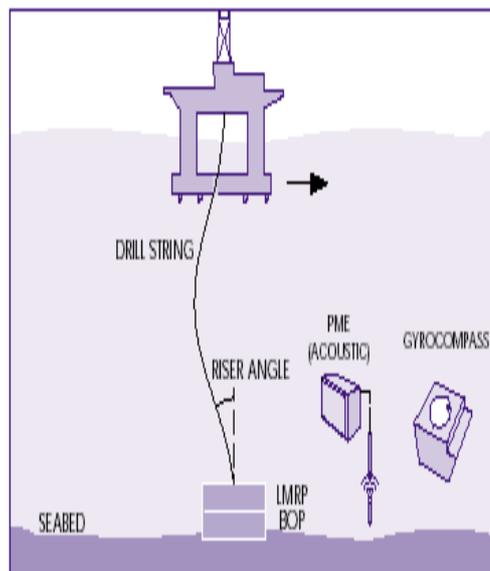
Este modo controla a embarcação ao longo de uma rota definida por dois ou mais *waypoints* como o *Track Follow*. A posição da embarcação é controlada pelos PME e o empuxo é controlado pelo operador por meio do *joystick*. O sistema controla a embarcação pelo monitoramento da sua posição em relação à rota e a reposiciona, se necessário, por meio do ajuste de seu aproamento.



**Figura 30 – Auto Sail**

#### 4.9– *Riser Follow*

Utilizado em unidades de perfuração, ele visa o controle da posição de modo a manter um ângulo de inclinação do *riser* o menor possível. O sistema recebe informações de inclinação e sinais de posição do módulo de perfuração e calcula a posição na qual o ângulo do *riser* será zero. Vale lembrar que este modo admite um pequeno ângulo de reação que é tomado pelo sistema como referência.



**Figura 31 – *Riser Follow***

## CAPÍTULO V

### APLICAÇÕES DO SISTEMA DP

#### 5.1 – Aliviadores (*Shuttle Tankers*)

O Navio Aliviador tem características semelhantes a um petroleiro, sendo especializado no alívio da carga de um *Floating Production Storage Offloading* (FPSO). Seu objetivo é receber a carga do FPSO no campo de produção, transportá-la até o terminal no continente e descarregá-la. Para isto, utiliza a mais alta tecnologia de posicionamento dinâmico e sistemas de referência de posição para obter precisão. Para o escoamento do produto (*offloading*), sua aproximação é lenta e a operação pode ser complementada através de rebocadores, que levam o mangote da unidade exploradora até o navio, ou pelo sistema *Bow Load System*, em que o mangote é rebocado automaticamente da unidade até a válvula da embarcação receptora, não sendo necessário o uso de rebocadores.



Figura 32 – *Shuttle Tanker*

### **5.2 – Anchor Handling Tug Supply (AHTS)**

Os AHTS são embarcações projetadas para dar apoio à área *offshore*. Tais embarcações são caracterizadas pela grande potência dos motores, e têm como principal objetivo o reboque e posicionamento das plataformas oceânicas de petróleo, operações de manobras de ferros (âncoras) e transporte de suprimentos e cargas múltiplas (alimentos, água potável, óleo, combustível, containers, equipamentos para perfuração, tubulações). Algumas dessas unidades marítimas são dotadas de equipamentos para combate a incêndio, socorro e salvamento.



**Figura 33 – AHTS**

### **5.3 – Diving Support Vessel (DSV)**

Esta embarcação tem como objetivo lançar e recolher mergulhadores que fazem manutenção, instalação e configuração de equipamentos, fiscalização de operação ou busca e recolhimento de algum material, portanto é necessária especial atenção à segurança das operações. Normalmente os DSV possuem dois ROV para acompanhamento e monitoramento das atividades exercidas pelos mergulhadores. O Sistema DP torna-se essencial devido à proximidade com outra embarcação.



**Figura 34 – Diving Support Vessel**

#### **5.4 – Dredger**

A principal função dessas embarcações é remover material do fundo do mar. Esta operação se faz necessária para retirar detritos que se acumulam ao longo do tempo em rios e entrada de portos, reduzindo a profundidade do local, aumentando a chance da ocorrência de encalhes. O *Dredger* também é utilizado para aumentar a profundidade de portos, aumentando o calado máximo e conseqüentemente a circulação de embarcações nesses portos.

As dragas possuem dois canos que sugam a lama e o lodo do fundo do mar enquanto são arrastados. Elas se movem em derrotas paralelas, e para garantir a eficiente limpeza do local, cada volta deve ter um espaçamento pequeno entre elas. Para isso, utilizam o sistema de posicionamento dinâmico, que garante uma distância mínima entre cada passagem.



**Figura 35 – Dredger**

### 5.5 – *Floating Production Storage Offloading (FPSO)*

Os FPSOs são navios com capacidade para processar, armazenar e prover a transferência do petróleo e/ou gás natural. No convés do navio, é instalada uma planta de processo para separar e tratar os fluidos produzidos pelos poços. Seu posicionamento é feito através de âncoras e pelo Sistema DP.

Depois de separado da água e do gás, o petróleo é armazenado nos tanques do próprio navio, sendo transferido para um navio aliviador de tempos em tempos. O gás comprimido é enviado para terra através de gasodutos e/ou re-injetado no reservatório. Os maiores FPSOs têm sua capacidade de processo em torno de 200 mil barris de petróleo por dia, com produção associada de gás de aproximadamente 2 milhões de metros cúbicos por dia.



Figura 36 – *FPSO*

### 5.6 – Navio sonda (*Drill Ship*)

Esta embarcação possui a função de perfuração de poços de petróleo no mar. Para tanto, eles utilizam o posicionamento dinâmico, visto que as perfurações são em grandes profundidades, tornando a ancoragem impraticável. Vale lembrar que o Sistema de DP classe 3 é exigido para estas embarcações, pois sua operação requer a manutenção da posição por grandes períodos.



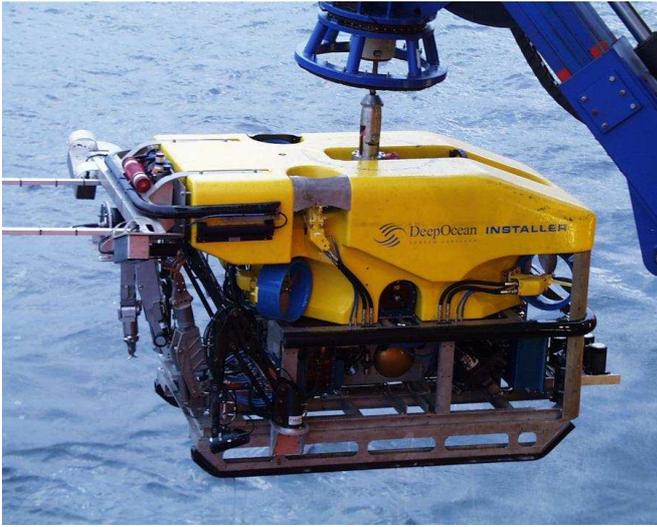
**Figura 37 – Navio sonda**

### **5.7 – Suporte a ROV**

Um veículo submarino operado remotamente (*Remotely Operated Underwater Vehicle*) é um veículo submersível operado remotamente por uma pessoa a bordo de uma embarcação. O veículo é operado pelo piloto a partir de uma unidade de comando e controle. Este comando possui dois *joysticks* para controlar a profundidade e a direção do ROV, assim como comandos para orientar as câmeras de vídeo (rotação e inclinação), regular a intensidade da iluminação, controlar o braço articulado e selecionar o piloto automático em rumo ou profundidade.

Ele é utilizado para realizar e supervisionar a montagem de equipamentos de exploração e produção em grandes profundidades. Proporcionam movimentos perfeitos ao navegarem pelo fundo do mar, podendo chegar onde os mergulhadores não alcançam, como locais em que o espaço é restrito, tubulações e partes de navios naufragados. Por isso, auxiliam no trabalho destes profissionais, principalmente em situações que ofereçam riscos.

O ROV é ligado à embarcação por meio de um umbilical que transmite energia, sinais de comando e controle. Os mais modernos conseguem se desprender e operar com um cabo mais leve ajudando a evitar problemas com a movimentação de um cabo pesado.



**Figura 38 – ROV**

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A escolha do tema Posicionamento Dinâmico foi feita devido ao fato de o sistema estar em evidência nas operações marítimas, principalmente nas relacionadas à prospecção de petróleo. Isto faz com que excelentes oportunidades de emprego surjam para Oficiais da Marinha Mercante aptos a operar o sistema DP, devido à grande expansão da exploração do combustível fóssil no Brasil. Estas oportunidades me levaram a buscar uma maneira de aprofundar-me no tema, materializada na confecção deste trabalho.

Aqui pude tratar da história do sistema, suas funções, aplicações, classes, equipamentos envolvidos, modos de operação e aplicabilidade de maneira mais profunda em relação ao visto na sala de aula durante o Curso de Formação de Oficiais de Náutica.

Este trabalho atraiu minha atenção para a importância do sistema DP nas operações marítimas, bem como esclareceu diversas dúvidas acerca de suas funcionalidades, ajudando a fomentar meus pensamentos acerca de um dos certificados de Oficiais Mercantes mais comentados hoje em dia.

Espero poder ajudar futuros alunos deste Centro de Instrução que porventura tenham as mesmas dúvidas e indagações que eu tinha antes da realização deste formidável trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALSTOM. **Dynamic positioning system induction course.**
2. Kongsberg. **Dynamic Positioning (DP) Basic Operator Course.**
3. SANTOS, Edson Mesquita dos. **Um simulador de manobras em tempo real com sistema de posicionamento dinâmico.** Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Oceânica). Rio de Janeiro: UFRJ, Rio de Janeiro.
4. <http://portalmaritimo.com/2011/03/16/posicionamento-dinamico/>
5. <http://www.oceanica.ufrj.br>
6. <http://www.nautinst.org>
7. <http://www.rov.org/educational/pages/whatis.html>
8. [http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_posicionamento\\_dinamico](http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_posicionamento_dinamico)
9. <http://www.imca-int.com/>