



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



RICARDO HENRIQUE DE PONTE RAMIRES

FMEA, SISTEMA DP E NAVIOS-SONDA

**RIO DE JANEIRO
2014**

RICARDO HENRIQUE DE PONTE RAMIRES

FMEA, SISTEMA DP E NAVIOS-SONDA

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

Orientador: Nélio Fernandes

**RIO DE JANEIRO
2014**

RICARDO HENRIQUE DE PONTE RAMIRES

FMEA, SISTEMA DP E NAVIOS-SONDA

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

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador:

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à minha família, por todo o apoio prestado desde o começo desse curso, sempre quando necessário, tornando possível a existência desta monografia.

Em segundo, agradeço a meus amigos, pois acredito que tão importante quanto ter muitos amigos é ter os amigos certos.

Por último, agradeço a meu orientador, pelo auxílio prestado na elaboração desta monografia.

A mente que se abre a uma nova ideia jamais
volta ao seu tamanho original.
(ALBERT EINSTEIN)

RESUMO

A legislação brasileira define como plataforma qualquer estrutura marítima que possua áreas planas acima do nível do mar usadas para operações de exploração, produção e armazenamento de petróleo. Os tipos mais comuns de plataformas marítimas, utilizadas nas atividades petrolíferas, são as seguintes: plataforma fixa de aço, plataforma de gravidade, plataforma de gravidade para armazenamento, plataforma de apoio, torre articulada, ilha artificial, plataforma de bombeio, plataforma auto-levatória, plataforma complacente, plataforma de alojamento, alojamento flutuante, torre estaiada, plataforma híbrida, plataforma semi-submersível, plataforma de pernas tracionadas, plataforma ancorada e plataforma auto-elevatória de pernas inclinadas. Os navios-sonda, possuindo áreas planas acima do nível do mar usadas para atividades relacionadas à exploração do petróleo, também se encaixam nessa definição. O sistema de posicionamento dinâmico é um equipamento que permite que uma embarcação mantenha sua posição sobre a lâmina d'água independente de qualquer contato com o solo, o que tornaria inviável algumas das atividades marítimas. Mesmo que hipoteticamente pudesse haver uma amarra que tocasse o fundo, a embarcação ainda sofreria os efeitos do tempo e das marés. Isso incapacitaria um PSV, navio de apoio à plataforma, ou até mesmo o próprio navio-sonda de efetuar suas operações. O FMEA (Failure Modes & Effect Analysis) é um relatório que prevê eventuais falhas de um projeto ou processo, como o simples ato de acionar uma válvula na praça de máquinas, tendo o objetivo de guiar o operador, o Oficial de Máquinas, em direção da solução mais rápida e eficiente. Mantidos os critérios de segurança, a operação deve sempre continuar, mesmo com a ocorrência de falhas no sistema. Cabe ao Oficial de Máquinas procurar a maior quantidade possível de subsídios, como os manuais dos equipamentos e o próprio FMEA, para que sua tomada de decisão seja a mais precisa o possível em qualquer atividade que desenvolva.

Palavras-chave: Plataforma, FMEA, sistema de posicionamento dinâmico, navios-sonda

ABSTRACT

Brazilian law defines as a platform any marine structure having flat areas above sea level used for exploration, production and storage of oil operations. The most common types of offshore platforms, used in petroleum activities are the following: fixed steel platform, gravity platform, gravity platform for storage, support platform, articulated tower, artificial island, pumping rig, jack-up platform drilling rig, compliant platform, accommodation platform, floating accommodation, guyed tower, hybrid-platform, semi-submersible platform, tensioned leg platform, anchored platform and self-lifting platform with inclined legs. The drillships, having flat areas above sea level used for oil exploration related activities, also fits that definition. The dynamic positioning system is a device that allows a vessel to maintain its position on the water and it won't require any contact with the ground, which would have avoided the maritime activities to happen. Even if hypothetically there could be an anchor to touch the bottom, the vessel would still suffer the effects of the weather and the tides. This situation would incapacitate a PSV, platform supply vessel, or even the drillship itself to proceed to their operations. FMEA (Failure Modes & Effect Analysis) is a report that provides any failure information of a project or process as the simple act of driving a valve in the engine room, whose aim is to guide the operator, the Marine Engineer, toward the fastest and most efficient solution of the problem. Concerning safety criteria, the operation must always continue, even with the occurrence of system failures. It is of utmost importance that the Marine Engineer seek the biggest amount of information, such as from equipment manuals and the FMEA itself, so that their decision making is the most accurate possible in any activity that is being developed.

Keywords: Platform, FMEA, dynamic positioning system, drillships

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Tipos de estruturas offshore de petróleo e gás..... | 12 |
| Figura 2 - Navio-sonda..... | 14 |
| Figura 3 – Torre de perfuração e sistema bloco-catarina | 15 |
| Figura 4 - Tipos de brocas | 15 |
| Figura 5 - Sistema de movimentação de cargas | 16 |
| Figura 6 - Top Drive e mesa rotativa..... | 17 |
| Figura 7 - Esquema de uma sonda mecânica com cinco motores diesel..... | 18 |
| Figura 8 - Esquema de uma sonda AC/DC, típica de sondas marítimas..... | 18 |
| Figura 9 - Sistema de tratamento de lama | 19 |
| Figura 10 - Arranjo típico de um conjunto BOP | 19 |
| Figura 11 - Marinheiros sicilianos "pescando" petróleo - Pintura de Johannes Stradanus (1523-1605)..... | 20 |
| Figura 12 - Summerland, Califórnia (1902)..... | 21 |
| Figura 13 - Desenho esquemático de um sistema de ancoragem de quatro pontos | 21 |
| Figura 14 - CUSS 1, o primeiro navio a ser dinamicamente posicionado, consequênciado projeto Mohole (1961)..... | 22 |
| Figura 15 - Sistema DP..... | 24 |
| Figura 16 - Elementos de um sistema de posicionamento dinâmico..... | 26 |
| Figura 17 - Diagrama de um sistema de gerenciamento de energia..... | 28 |
| Figura 18 - A atuação do DP em operações de perfuração do navio-sonda..... | 31 |
| Figura 19 - Sistema de óleo combustível para a praça de máquinas | 31 |
| Figura 20 - Sistema de ventilação da praça de máquinas | 34 |
| Figura 21 - Ar comprimido da praça de máquinas | 35 |
| Figura 22 - Falhas no sistema de óleo combustível..... | 37 |
| Figura 23 - Falhas no sistema de óleo combustível (continuação)..... | 37 |
| Figura 24 - Falhas no sistema de óleo lubrificante | 37 |
| Figura 25 - Falhas no sistema de ventilação..... | 38 |
| Figura 26 - Falhas no sistema de ar comprimido | 38 |
| Figura 27 - Falhas no sistema de arrefecimento por água salgada | 38 |
| Figura 28 - Falhas no sistema de arrefecimento por água doce..... | 39 |
| Figura 29 - Falhas no sistema de arrefecimento por água doce (continuação)..... | 39 |
| Figura 30 - Falhas no diesel geradores principais | 39 |

| | |
|---|----|
| Figura 31 - Falhas no diesel geradores principais (continuação) | 40 |
| Figura 32 - Falhas no sistema ESD | 40 |
| Figura 33 - Falhas no sistema F&G..... | 40 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 FINALIDADE DAS PLATAFORMAS MARÍTIMAS..... | 11 |
| 3 CLASSIFICAÇÃO DAS PLATAFORMAS MARÍTIMAS | 12 |
| 4 NAVIOS-SONDA | 14 |
| 4.1 Principais componentes de uma sonda | 15 |
| 4.1.1 Sistema de sustentação de cargas | 15 |
| 4.1.2 Sistema de movimentação de cargas..... | 16 |
| 4.1.3 Sistema de rotação..... | 17 |
| 4.1.4 Sistema de geração e transmissão de energia..... | 17 |
| 4.1.5 Sistema de circulação de fluidos | 18 |
| 4.1.6 Sistema de segurança de poço..... | 19 |
| 5 DESENVOLVIMENTO DO POSICIONAMENTO DINÂMICO | 20 |
| 5.1 Primórdios | 20 |
| 5.2 O projeto Mohole | 22 |
| 5.3 A automação do sistema DP | 22 |
| 5.4 O sistema DP | 23 |
| 5.4.1 Unidade de controle com computador | 24 |
| 5.4.2 Thrusters..... | 24 |
| 5.4.3 Fonte de alimentação..... | 25 |
| 5.4.4 Sistemas de referência para a posição | 25 |
| 5.4.5 Sensores | 25 |
| 5.4.6 Painéis de instrumentos/operação | 25 |
| 5.4.7 Operador..... | 25 |
| 5.5 Subsistemas do DP | 25 |
| 6 FMEA, SISTEMA DP E NAVIOS-SONDA | 31 |
| 6.1 Falhas no sistema de óleo combustível | 31 |
| 6.2 Falhas no sistema de óleo lubrificante..... | 33 |
| 6.3 Falhas no sistema de ventilação..... | 34 |
| 6.4 Falhas no sistema de ar comprimido | 35 |
| 6.5 Falhas tabuladas..... | 36 |
| 7 CONCLUSÃO..... | 41 |
| REFERÊNCIAS | 43 |

1 INTRODUÇÃO

Desde tempos remotos, o mar está cheio de mistérios para a humanidade. Hoje em dia exploramos suas profundezas com métodos científicos; torna-se cada vez menor a sensação de impenetrabilidade e imponderabilidade. As novas áreas economicamente exploráveis de petróleo e gás natural encontram-se localizadas em mar aberto (offshore) e, por isso, tem sido despendido maior esforço científico e técnico do que aquele exigido para a exploração de tais matérias-primas em terra firme. A partir da crise do petróleo árabe de 1973, as pesquisas de novas jazidas de petróleo e de gás natural foram incentivadas, principalmente nas plataformas marítimas continentais, até 300 m de profundidade no Mar do Norte, Indonésia, África Ocidental, América do Sul, Madagascar, Austrália, Mar da China, etc.

A procura de petróleo no mar foi, inicialmente, efetuada à pequena profundidade e junto às costas. Uma vez que a exploração do petróleo atingiu maiores profundidades, o homem necessitou aprimorar ainda mais sua tecnologia, entrando em cena uma importante ferramenta de manutenção do posicionamento das estações de perfuração, o sistema DP (Posicionamento Dinâmico). Não obstante, o FMEA (Failure Modes & Effects Analyses), permeia grande parte dos processos realizados no navio, assim como os de terra, desde o bruto acoplamento mecânico da broca até o delicado funcionamento do controlador do sistema DP.

A tendência para as próximas gerações é a de desenvolver mais tecnologias revolucionárias, para a instalação de equipamentos de extração, controle, manuseio, tratamento e estocagem de petróleo ou de gás natural, especialmente em grandes profundidades. O crescente desenvolvimento das pesquisas de petróleo nas plataformas marítimas de todos os continentes é sentido pelo progressivo aumento de encomendas de novos projetos de plataformas móveis e fixas de grande porte, para atingir as grandes profundidades.

Por fim, entre os diversos tipos de plataformas marítimas, o navio-sonda é colocado no foco deste trabalho. Delimitados os objetos da pesquisa, busca-se estabelecer uma relação lógica entre eles, além de enfatizar suas formas de uso e importância. Analisar separadamente FMEA, sistema DP e navios-sonda não é uma tarefa impossível, contudo, colocá-los num só contexto simplifica essa tarefa e mostra o quão importante é a relação entre eles.

2 FINALIDADE DAS PLATAFORMAS MARÍTIMAS

Inicialmente, é preciso distinguir as plataformas em dois tipos principais, de acordo com sua finalidade:

Plataformas de prospecção e perfuração – São as unidades marítimas destinadas às operações de perfuração “offshore” para exploração e exploração subaquáticas de petróleo. Essas plataformas, geralmente do tipo móvel, capazes de perfurar vários poços de uma mesma área, são aptas a deslocar-se a reboque, ou por propulsão própria, entre os vários pontos de uma área a ser pesquisada, ou entre regiões distantes de um mesmo continente e também de ultramar. Elas devem, portanto, flutuar e navegar em segurança como qualquer navio e, por outro lado, possuir meios eficientes para permanecer estacionadas num determinado ponto, de maneira segura e firme, a fim de executar perfurações a grandes profundidades e durante longos períodos. Estas plataformas devem ser naturalmente providas de todos os equipamentos necessários para perfuração, produção de energia, serviços auxiliares, alojamento de pessoal, etc.

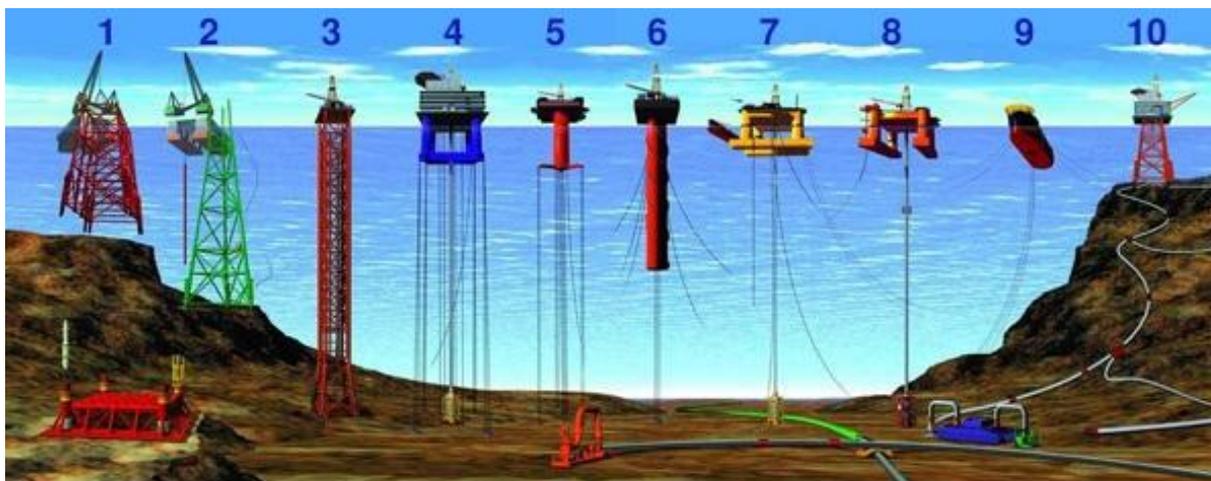
Plataformas de produção – São implantadas nos locais já pesquisados pelas primeiras e julgados aptos a entrar em produção. Estas plataformas geralmente são fixas, ou seja, elas têm suas colunas fincadas no fundo do mar e ficarão estacionadas no local, durante todo o período de produção da jazida, que pode ir de 20 a 30 anos. São plataformas equipadas para receber petróleo ou gás, oriundos de poços submarinos, e onde são processadas as operações primárias de tratamento dos mesmos, antes de seu transporte. Para profundidades superiores a 200 metros, a instalação de plataformas fixas, isto é, apoiadas no fundo do mar, torna-se difícil e antieconômica.

A divisão entre plataformas móveis de prospecção e fixas de produção não é necessariamente rígida, especialmente no caso das plataformas móveis de prospecção e perfuração que, eventualmente, podem ser utilizadas para produção antecipada, separação e tratamento de petróleo. Ademais, pode-se transformar a plataforma móvel de prospecção e perfuração, no caso do tipo pequeno, apoiadas no fundo, em fixa para produção, firmando-se as colunas definitivamente e retirando-se os equipamentos de perfuração e movimentação das pernas, dependendo dos critérios adotados pelas diferentes companhias petrolíferas.

3 CLASSIFICAÇÃO DAS PLATAFORMAS MARÍTIMAS

Basicamente, as plataformas podem ser classificadas, quanto a sua forma em:

Plataformas móveis – O projeto de plataformas móveis é bastante complicado por que deve ser levado em conta um grande número de requisitos de construção operacionais e ambientais. Os requisitos de construção refletem a forma, o tipo de estrutura, as reações sobre as pernas, os esforços da perfuração, o sistema de reboque ou de propulsão, a estabilidade nas várias condições, a mobilidade e o sistema de posicionamento. Os requisitos operacionais consideram as profundidades máximas de fundo e de perfuração, o sistema de perfuração, as instalações, os equipamentos e abastecimentos que devem ser embarcados e o número de tripulantes e operadores a serem alojados. Os requisitos ambientais devem considerar a natureza do fundo, a força do vento, os efeitos das marés, a ação das ondas e das correntezas e outras eventuais condições inerentes aos locais de prospecção.



- 1, 2) conventional fixed platforms;
- 3) compliant tower;
- 4, 5) vertically moored tension leg and mini-tension leg platform;
- 6) Spar;
- 7,8) Semi-submersibles;
- 9) Floating production, storage, and offloading facility;
- 10) sub-sea completion and tie-back to host facility.

Figura 1 - Tipos de estruturas offshore de petróleo e gás
 Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

Para atender a tais requisitos, as plataformas móveis de prospecção e perfuração apresentam-se em diversos tipos, sendo as principais:

- **Plataforma submersível (Submersible Rig)**
- **Plataforma auto-elevatória (Self-elevating or Jack-up Rig)**
- **Plataforma semi-submersível (Semi-submersible Rig)**
- **Barcaça-sonda (Drill Barger)**
- **Navio-sonda (Drilling Ship)**

Portanto, a utilização de uma unidade depende, em primeiro lugar, das condições imperantes na área de operação, tais como a profundidade (lamina d'água), as condições meteorológicas, hidrológicas, etc.

Plataformas fixas – As plataformas fixas são implantadas nos locais previamente pesquisados pelas plataformas móveis de prospecção, com resultados positivos e julgados aptos à produção industrial.

Essas plataformas, também chamadas de “plataformas de produção”, são destinadas a acolher os equipamentos necessários à extração do óleo, ao seu tratamento, como a separação de gases e água, sempre contidos pelo óleo bruto, e ao bombeamento nos oleodutos que levam o produto aos depósitos terrestres ou marítimos ou aos terminais de carregamento dos petroleiros.

As plataformas de produção são também dotadas de torre de perfuração, com todos os seus equipamentos auxiliares, servindo para execução de outros poços, em volta do “poço pioneiro”, a fim de aumentar a produção diária. Esses poços complementares são espalhados numa grande área em volta da plataforma e devem, portanto, ser perfurados em direção oblíqua, sendo por isso chamados de poços direcionais. Uma plataforma fixa pode perfurar até 40 ou mais poços direcionais e, para tanto, a torre deve ter a possibilidade de se deslocar em toda a largura da plataforma.

Quando todos os poços direcionais foram perfurados, a torre e seus equipamentos podem ser retirados e substituídos pelas bombas de extração, compressores, desidratadores, sistemas de tratamento e distribuição, etc.

4 NAVIOS-SONDA

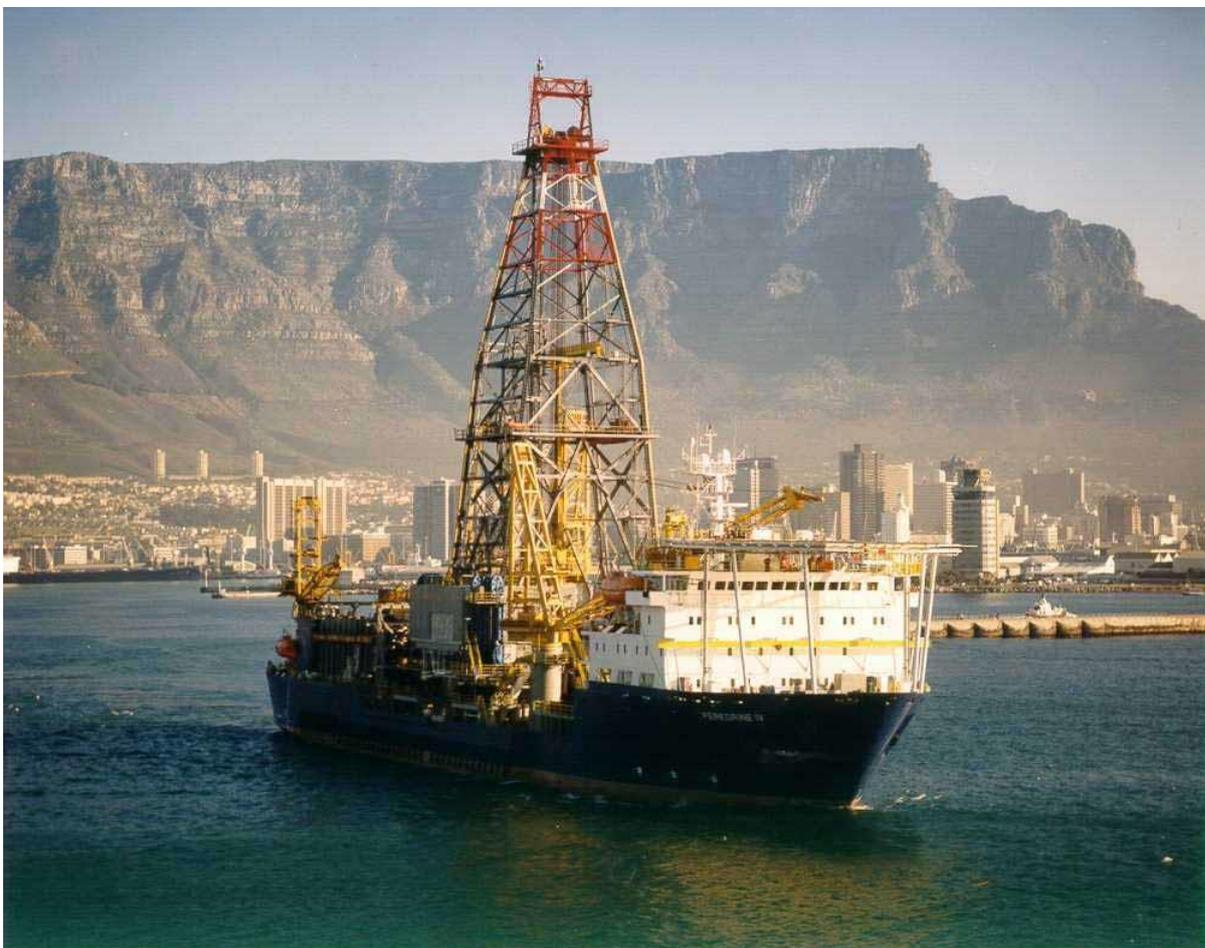


Figura 2 - Navio-sonda
Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

São uma categoria à parte dos meios de prospecção, cujas vantagens, com relação às plataformas móveis ainda que auto-propelidas, são a maior mobilidade e velocidade de transferência, sem a necessidade de assistência de rebocadores, e uma grande autonomia, pois eles podem carregar em seus porões uma maior quantidade de materiais e suprimentos, que lhes proporcionam um período continuado de operação. Além de requerer um menor consumo de energia para o sistema de posicionamento dinâmico, uma vez que suas formas de carena são mais aptas para mantê-lo, constantemente, com a proa ao vento e ao mar, utilizando apenas suas hélices de propulsão.

4.1 Principais componentes de uma sonda

4.1.1 Sistema de sustentação de cargas

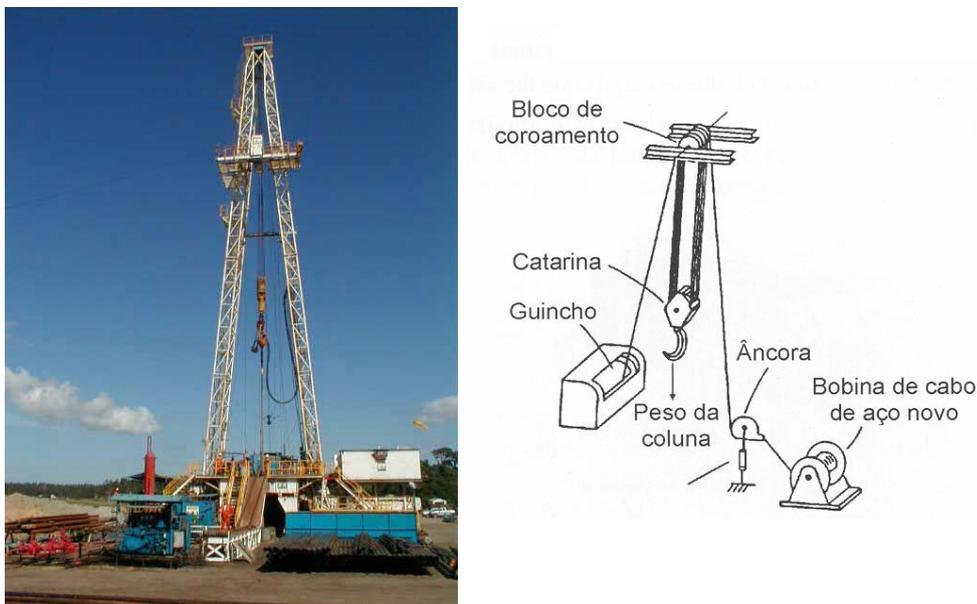


Figura 3 – Torre de perfuração e sistema bloco-catarina
 Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

A sonda, equipamento utilizado para perfurar poços, é composta por uma torre, da altura de um edifício de 15 andares que sustenta os tubos de perfuração. Estes tubos que conduzem a broca passam por uma mesa giratória, na base da torre e, por rotação, vão atravessando as camadas do subsolo. A perfuração é um trabalho duro e ininterrupto. A cada 27 m os sondadores encaixam um novo tubo e para suportar o peso de toda essa estrutura e as tensões resultantes da ação da broca no fundo do leito oceânico, faz-se primordial a existência do sistema de sustentação de cargas.

A seguir, estão ilustradas algumas das brocas utilizadas nas sondas:



Figura 4 - Tipos de brocas
 Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

4.1.2 Sistema de movimentação de cargas

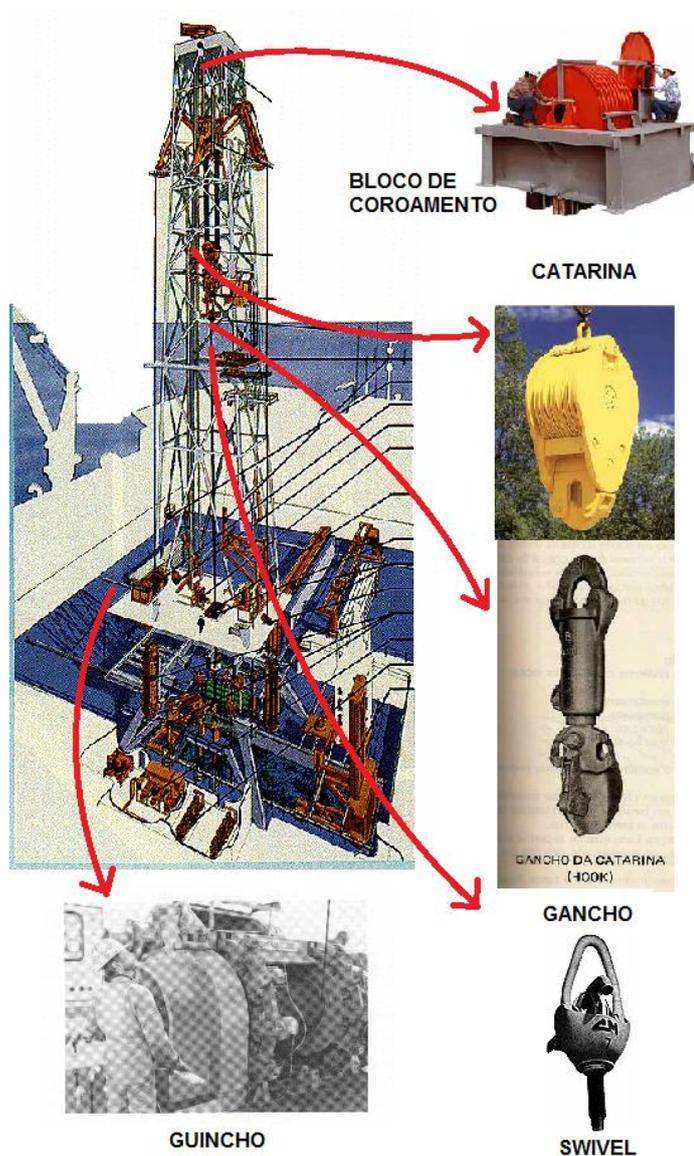


Figura 5 - Sistema de movimentação de cargas
 Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

O bloco de coroamento é um conjunto de polias fixo que fica apoiado na parte superior do mastro/torre por onde passam os cabos de aço (cabo de perfuração). Por sua vez, a catarina é um conjunto de polias móvel justapostas num pino central; pela movimentação dos cabos passados entre esta e o bloco, a catarina se movimenta ao longo da torre. O gancho é o elemento de ligação da carga ao sistema de polias (catarina) e o swivel fica preso ao gancho e

é responsável por ligar as partes girantes às fixas, permitindo livre rotação da coluna; por um tubo lateral (gooseneck) permite a injeção de fluido no interior da coluna de perfuração.

O guincho fornece a potência necessária para movimentar o cabo, sendo por isso responsável pela movimentação vertical das tubulações no poço.

4.1.3 Sistema de rotação

Existem basicamente dois tipos de sistemas de rotação. Um deles utiliza o swivel como forma de fixação e executa a perfuração por seções. Esse primeiro sistema ainda permite um menor número de conexões, simplificando a sondagem e também facilita a retirada da coluna com circulação e rotação, sendo chamado de Top Drive. O segundo sistema é a mesa rotativa, que se fixa a tubulação na base da torre.

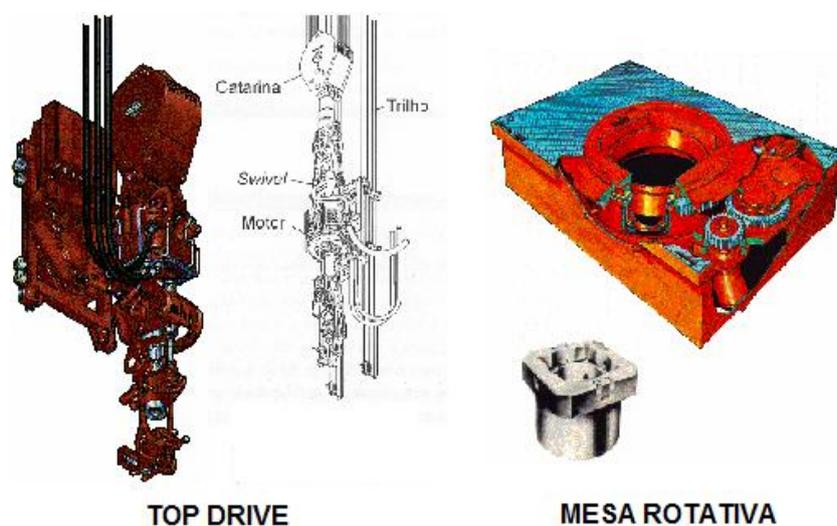


Figura 6 - Top Drive e mesa rotativa
Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

4.1.4 Sistema de geração e transmissão de energia

Sondas Mecânicas – os vários motores são ligados a “compounds” no qual são conectados os principais equipamentos de perfuração; usam-se ainda conversores de torque e embreagens.

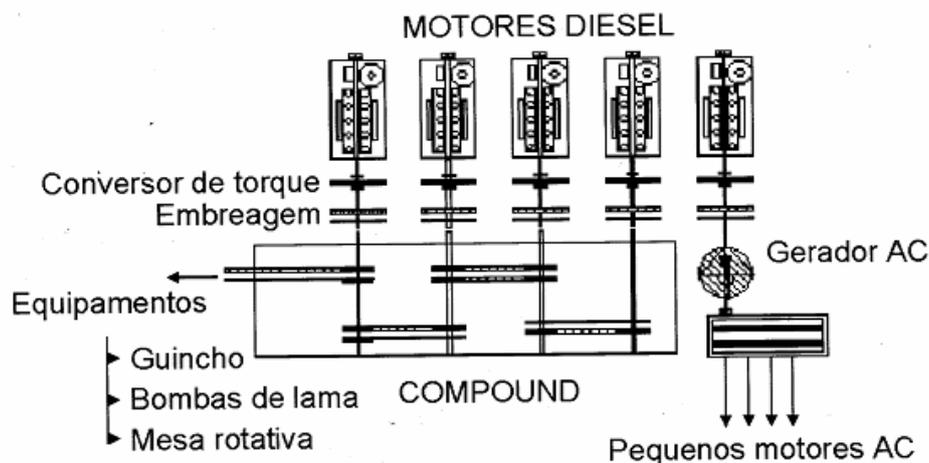


Figura 7 - Esquema de uma sonda mecânica com cinco motores diesel
Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

Sondas Diesel-Elétricas – os motores diesel são ligados a geradores de energia elétrica (o sistema mais usado é o AC-DC) onde a geração é feita em corrente alternada e a utilização nos equipamentos é feita em corrente contínua (retificação e controle de tensão em SCR's).

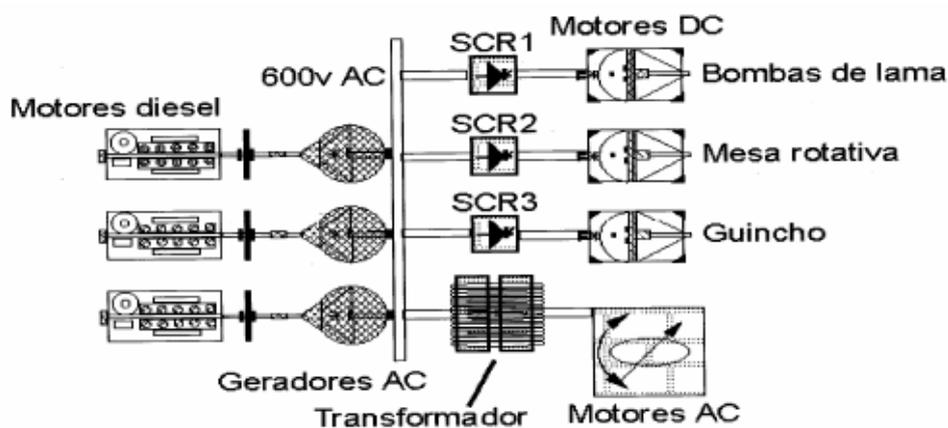


Figura 8 - Esquema de uma sonda AC/DC, típica de sondas marítimas
Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

4.1.5 Sistema de circulação de fluidos

Por dentro dos tubos corre um produto, denominado lama de perfuração, que serve como lubrificante da broca, age como reboco das paredes do poço, mantém a pressão da perfuração evitando erupções e funciona como veículo para trazer à superfície os fragmentos da perfuração que são examinados em laboratório na própria sonda, fornecendo informações importantes sobre as camadas atravessadas. A lama, que é um composto de betonita, argila,

óleo e água, depois de separada dos fragmentos da rocha é reutilizada na perfuração.

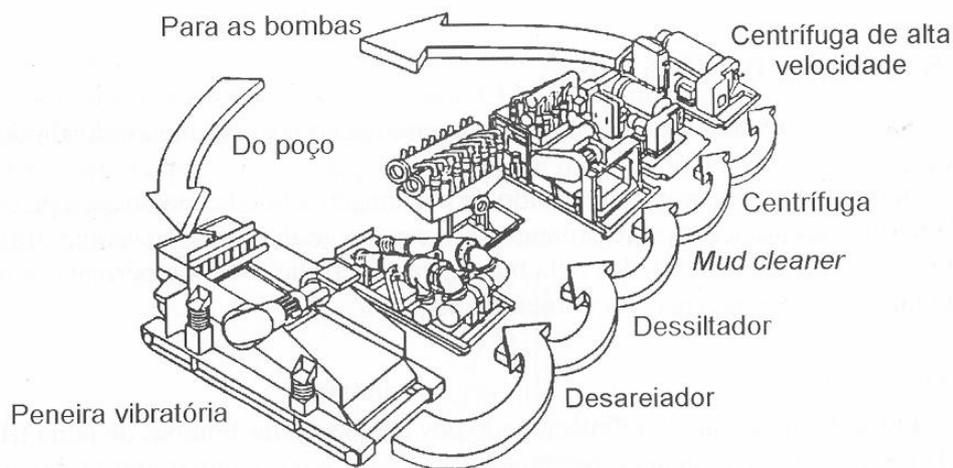


Figura 9 - Sistema de tratamento de lama
Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

4.1.6 Sistema de segurança de poço

A principal defesa do processo de sondagem é o BOP (Blow Out Preventer), cuja principal função é impedir que os fluidos das formações atinjam a superfície de maneira descontrolada. Ele é basicamente constituído de gavetas que se fecham contra o tubo sem cortá-lo.

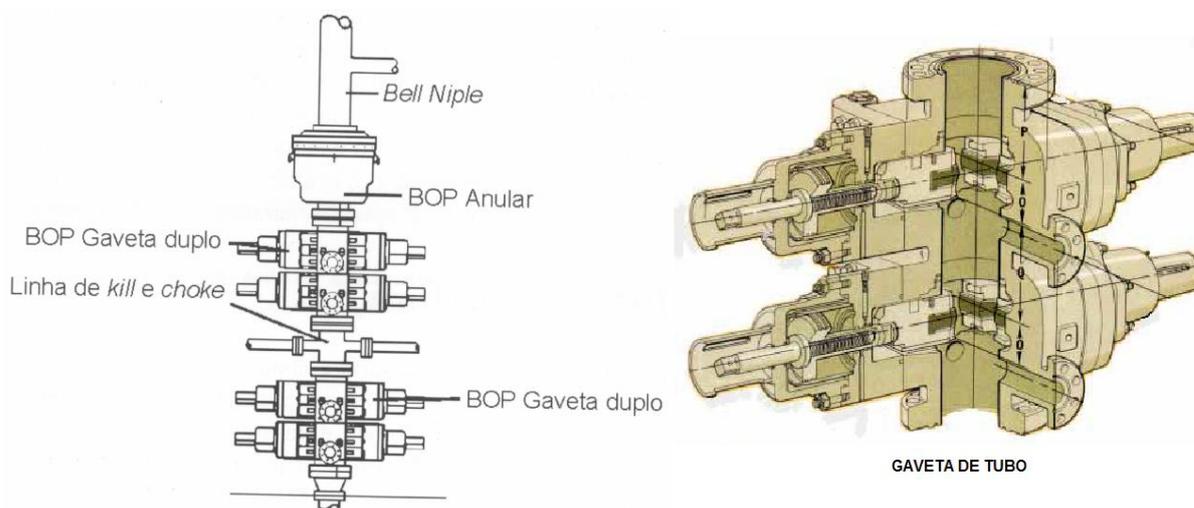


Figura 10 - Arranjo típico de um conjunto BOP
Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

5 DESENVOLVIMENTO DO POSICIONAMENTO DINÂMICO

5.1 Primórdios

Derivados de petróleo desempenham um papel importante em nossa moderna civilização, entretanto, mesmo no tempo de Noé, o alcatrão era usado para evitar vazamentos em barcos e navios. Mais tarde, a humanidade descobriu mais e mais formas de tirar proveito desses produtos. O petróleo foi encontrado pela primeira vez perto do Mar Cáspio e a princípio foi descoberto em terra, mas como o passar do tempo verificou-se que estes campos de petróleo se estendiam para o mar. No início do século XVIII, um poço foi perfurado cerca de 30 m fora da linha de costa perto de Baku, atual capital do Azerbaijão, localizado na fronteira entre a Europa e a Ásia, e mesmo não sendo um sucesso, representava o começo de uma era. Em 1925 o primeiro poço produtor de petróleo foi perfurado no Mar Cáspio.



**Figura 11 - Marinheiros sicilianos "pescando" petróleo - Pintura de Johannes Stradanus (1523-1605)
Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014**

As bacias de petróleo na Califórnia também foram encontradas se estendendo sob a lâmina d'água salgada, de modo que os poços de petróleo foram gradualmente se mudando para o meio marinho. Esses poços eram conectados à costa por "piers". No início, esses "piers" eram construídos de madeira e podiam medir mais de 400 m, porém logo o aço ganhou espaço.



Figura 12 - Summerland, Califórnia (1902)
Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

Não demorou muito para os “piers” serem substituídos por plataformas independentes de petróleo. A instalação destas plataformas era muito cara e movê-las de um lugar para outro também gerava custos adicionais, de modo que a perfuração de teste, por períodos mais curtos, não era interessante. As restrições em relação à profundidade da água (normalmente de 300 m) fizeram com que se procurasse outras formas de extração de petróleo no mar. A indústria precisava de métodos para a perfuração em águas profundas e uma maneira mais fácil e menos dispendiosa de mover a atividade de perfuração de um lugar para outro. Isso levou gradualmente ao método de ancoragem de embarcações de perfuração e plataformas portáteis.

Várias âncoras ou pesos eram usados para manter a embarcação / plataforma no lugar, além de minimizarem os seus movimentos.

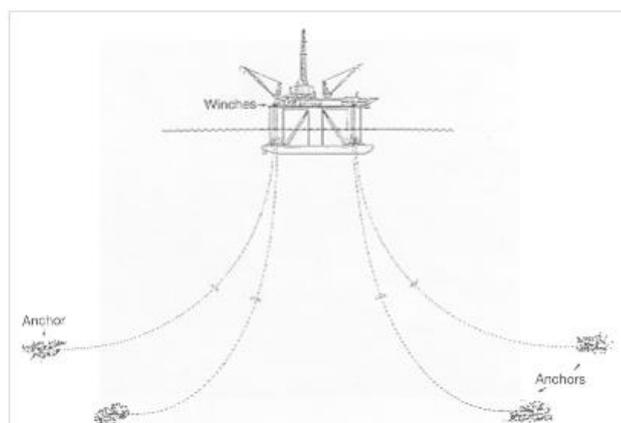


Figura 13 - Desenho esquemático de um sistema de ancoragem de quatro pontos
Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

Entretanto, os sistemas de ancoragem possuem seus pontos fracos. Elasticidade no sistema de ancoragem, amortecimento hidrodinâmico deficiente, entre outros fatores, que expõem o navio ou a plataforma ao movimento das ondas, vento e corrente. Além disso, a

perfuração em tais profundidades requer muitos equipamentos (guinchos, âncoras, cabos, etc) com a consequência de que esses navios vêm a perder grande parte de sua manobrabilidade.

5.2 O projeto Mohole

O primeiro sistema de posicionamento dinâmico foi idealizado em 1957 em virtude do projeto americano Mohole. O objetivo desse projeto era perfurar a chamada camada de Moho, zona onde ocorre uma brusca elevação da velocidade das ondas sísmicas primárias, ondas longitudinais, que se propagam entre a crosta e o manto terrestre. Para se ter sucesso nesse projeto, a perfuração precisava ser feita onde a crosta fosse o mais fina possível, o que ocorre naturalmente nas grandes lâminas d'água, cerca de 4 500 m de profundidade, o que era profundo demais para os habituais sistemas de ancoragem.

O problema foi resolvido com a instalação de quatro propulsores / “thrusters” manobráveis a bordo da barca, CUSS 1. A posição em relação ao fundo do mar era encontrada submergindo um transmissor até o solo que enviava sinais até a barcaça na superfície (uma espécie de sistema de referência hidroacústica). A posição relação ao transmissor podia ser lida sobre numa tela. Além disso, quatro boias ancoradas em torno da embarcação transmitiam sinais de rádio a um radar a bordo. Usando diferentes combinações de “thrust” e direção para os quatro propulsores, era possível manter a barcaça em posição acima do local da perfuração. Em nove de março de 1961 a CUSS 1 já era capaz de manter a posição com a ajuda do posicionamento dinâmico numa profundidade de 948 m na região de La Jolla, Califórnia. Algum tempo depois, a barca fez cinco perfurações em uma profundidade de 3 560 m, enquanto mantia a posição dentro de um raio de 180 m.



Figura 14 - CUSS 1, o primeiro navio a ser dinamicamente posicionado, consequênciado projeto Mohole (1961)

Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

5.3 A automação do sistema DP

O posicionamento dinâmico mudou muito desde CUSS 1 em 1961. Inicialmente seu projeto visava a perfuração e colocação de dutos, porém agora ele está sendo usado em diferentes tipos de operações, podendo atuar em explorações geológicas, operações militares e na manobra de navios de cruzeiro. Os princípios básicos de 1961 são os mesmos, entretanto o acentuado aprimoramento tecnológico tornou a utilização desse sistema mais simplificada e acessível. Em suma, o sistema DP pode ser definido como:

“um sistema de posicionamento automático baseado em uma lógica de programação”

O sistema de DP é utilizado para manter um navio em posição ou para movê-lo de uma posição para outra em baixa velocidade.

5.4 O sistema DP

O sistema de posicionamento dinâmico moderno consiste em sete partes principais:

- Unidade de controle com computador
- Thrusters
- Fonte de alimentação
- Sistemas de referência para a posição
- Sensores
- Painéis de instrumentos / operação - MMI (Man-Machine Interface)
- Operador

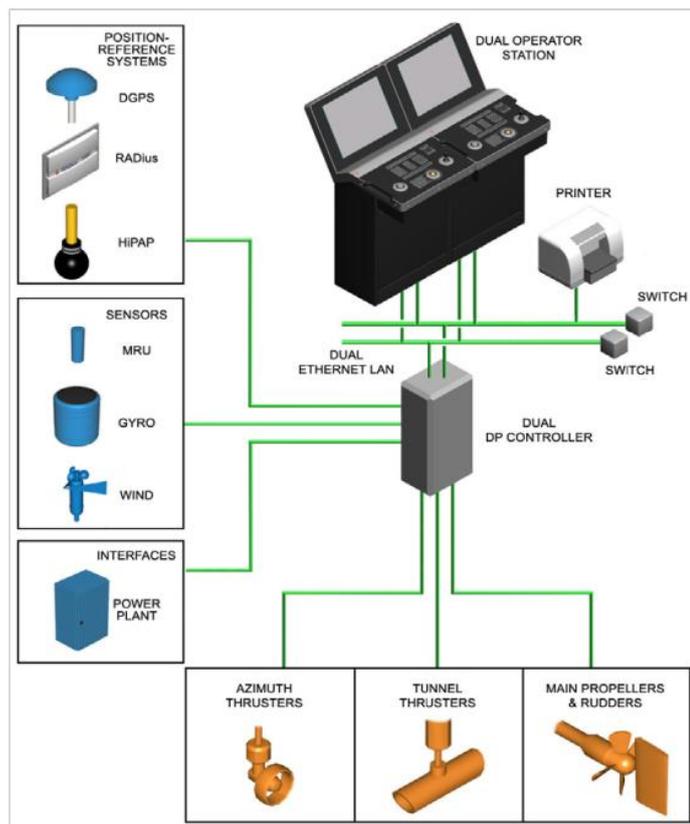


Figura 15 - Sistema DP
 Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

5.4.1 Unidade de controle com computador

A unidade de controle recebe sinais dos sensores, sistemas de referência para a posição, propulsores e painéis de controle, processa estes sinais e os utiliza para calcular a quantidade de impulso e em qual direção o vetor de impulso tem de atuar para o navio manter a posição e o rumo. Esses cálculos são convertidos em sinais para serem enviados aos respectivos propulsores e monitores, sobre os painéis de controle.

5.4.2 Thrusters

São os hélices utilizados na propulsão da embarcação. Normalmente, propulsores movem o navio numa direção fixa, mas pela combinação vários propulsores do navio, o movimento pode se dar em todas as direções. Os “thrusters” recebem sinais, oriundos da unidade de controle, que contém informações de quanto impulso e em que direção os propulsores deverão atuar. Os propulsores executam os comandos dados e enviam o feedback para a unidade de controle.

5.4.3 Fonte de alimentação

O computador, painéis, sensores, sistemas de referência e os não menos importantes propulsores elétricos, precisam de energia para funcionar. Esta energia é produzida e distribuída pela fonte de alimentação. O sistema inclui geradores, quadros de distribuição, cabos, etc.

5.4.4 Sistemas de referência para a posição

Sistemas de referência para a posição podem ser baseados, por exemplo, em ondas de rádio (Artemis), sinais de satélite (DGPS) ou sinais mecânicos (Taut Wire). Esses sistemas darão as informações de posição da unidade de controle em coordenadas geográficas ou em relação a uma determinada posição de referência (ou movimento a partir desta). A unidade de controle utiliza estas posições para os cálculos, o que a permite colocar o navio, a partir de sua posição atual, em uma posição, direção e velocidade requeridas.

5.4.5 Sensores

Os sensores dão as informações à unidade de controle sobre as condições da corrente, vento, ondas, rumo, calado, etc. As informações são usadas nos cálculos que compõem as condições gerais de movimento do navio.

5.4.6 Painéis de instrumentos/operação

Esta é a ligação entre o sistema DP e os seus operadores. O visor mostra o estado do navio e o operador é capaz de dar novas instruções continuamente pelo painel. O operador é capaz de assumir o controle de tudo ou, o que é mais usual, assumir tarefas específicas da unidade de controle, por exemplo, o manual controle dos propulsores.

5.4.7 Operador

A parte mais importante do sistema DP. Ele decide a forma na qual o sistema deve funcionar e o que deve ele fazer. Seu papel tornou-se mais importante ao longo dos anos. Certificações e regulamentações que delimitam a forma de trabalho dos operadores estão continuamente em desenvolvimento.

5.5 Subsistemas do DP

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

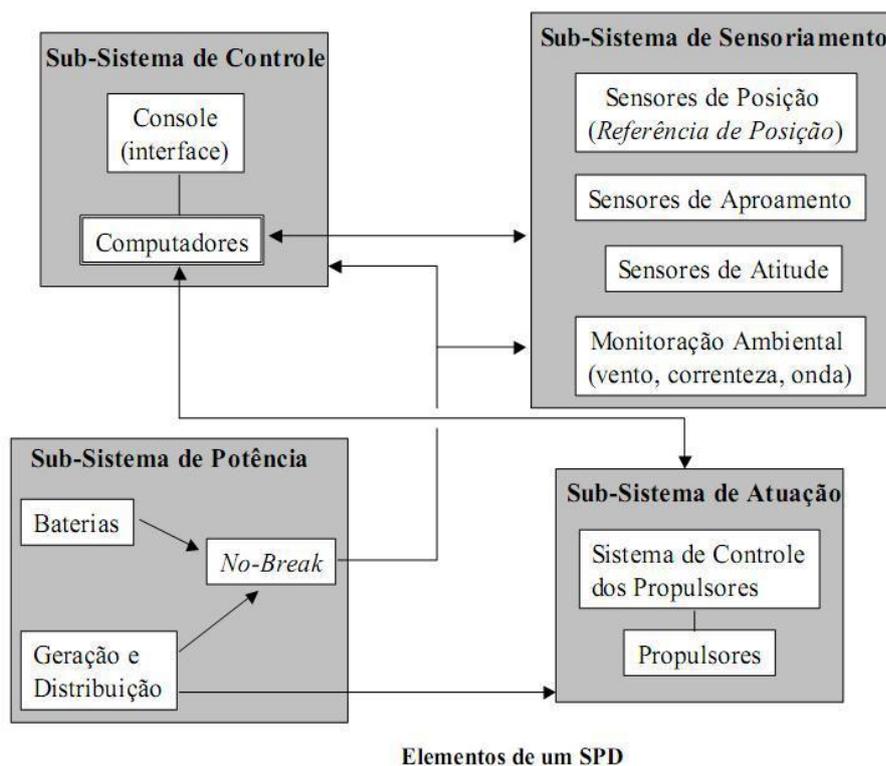


Figura 16 - Elementos de um sistema de posicionamento dinâmico
 Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

5.5.1 - Subsistema de potência.

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

5.5.2 - Subsistema de atuação

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

5.5.3 - Subsistema de sensoriamento

Composto pelos equipamentos responsáveis por fornecer as informações necessárias para que o controlador posicione a embarcação de forma desejada empregando diversas

tecnologias como o GPS, sistemas hidroacústicos, radares por micro-ondas, cabos tensionados entre outros.

5.5.4 - Subsistemas de controle

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

5.6 - Geração de energia:

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

5.7 - Distribuição de energia

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

5.8 - Gerenciamento de energia:

O sistema de gerenciamento de energia, ou (*PMS*) como é conhecido nas embarcações com DP, é uma crucial parte dos sistemas de automação e energia em embarcações, em particular para navios com propulsão elétrica e responsáveis por manter a posição fixa a um ponto. A *PMS* controla a energia de modo a maximizar a prevenção contra o blecaute e minimizar o consumo de combustível. Ela ainda se mostra útil na diminuição dos custos de manutenção através da proteção dos equipamentos contra falhas ou mau funcionamento. Através da interação entre o *PMS* e outros sistemas de controle, o desempenho da embarcação poderá ser maximizado.

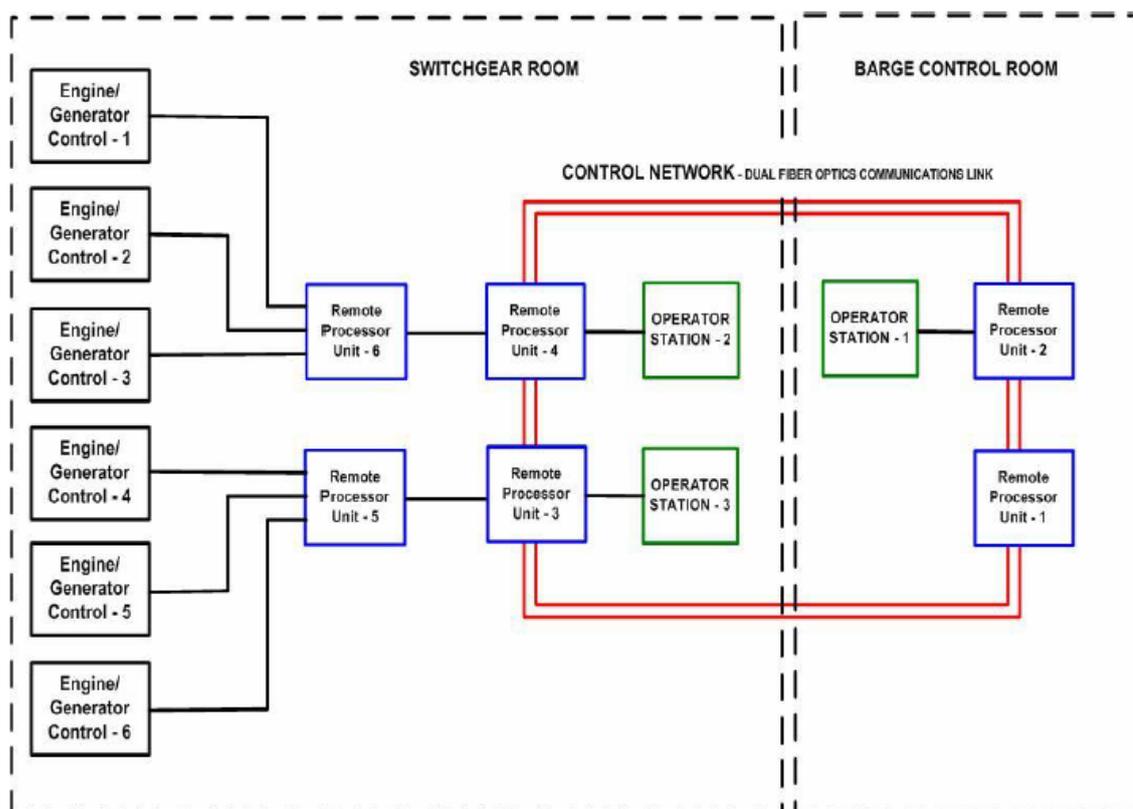


Figura 17 - Diagrama de um sistema de gerenciamento de energia
 Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

5.9 - Controle de propulsores

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

5.10 - Graus de liberdade formados por uma embarcação

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

A posição é medida por um ou mais de um conjunto de referências de posição, enquanto que a informação sobre o aproamento é fornecida a partir do uso de uma ou mais

agulhas giroscópicas. A diferença entre o valor nominal e o retorno é o erro ou desvio, e o sistema de DP opera para minimizar esses erros.

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

5.11 - Redundância e as classes de DP.

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

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

5.11.1 - DP classe 1.

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

5.11.2 - DP classe 2.

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

5.11.3 - DP classe 3.

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

6 FMEA, SISTEMA DP E NAVIOS-SONDA

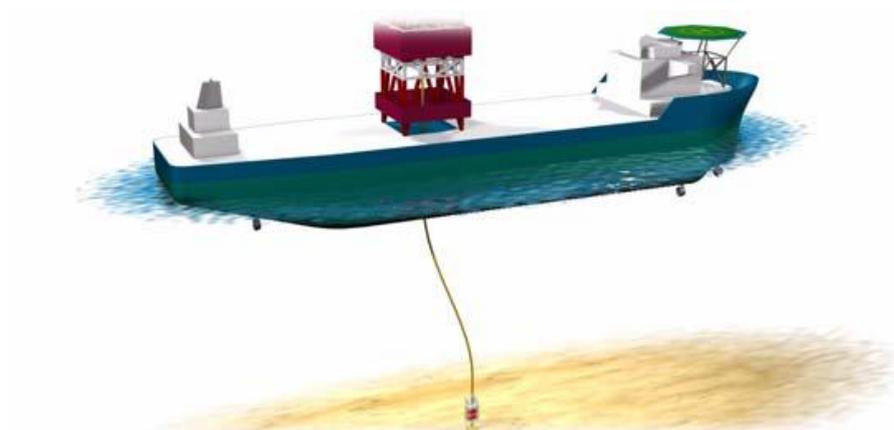


Figura 18 - A atuação do DP em operações de perfuração do navio-sonda
 Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

Com o intuito de demonstrar a aplicabilidade do FMEA e estimular o seu uso, por razões já discutidas até o presente momento, a seguir serão apresentados os FMEAs de um grande conjunto de subsistemas do sistema DP. A embarcação escolhida foi um navio-sonda de configuração específica, porém o conhecimento adquirido em sua essência não interferirá no uso da ferramenta FMEA em nenhum outro tipo de navio, basta que o Oficial de Máquinas esteja munido de manuais e relatórios, para que possa conhecer adequadamente a sua própria embarcação.

6.1 Falhas no sistema de óleo combustível

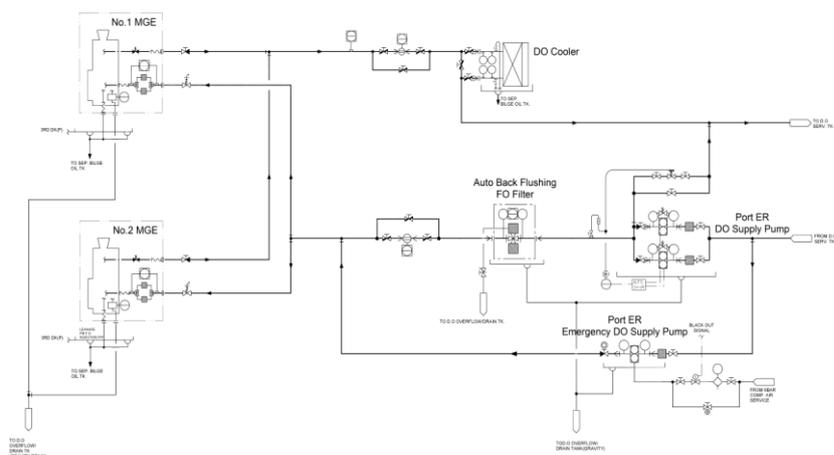


Figura 19 - Sistema de óleo combustível para a praça de máquinas
 Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

A falha de uma das bombas de alimentação do óleo combustível resultará num alarme e fará com que a bomba de stand-by comece a funcionar. A falha para alternar para a bomba de stand-by causará redução na pressão de entrada do combustível. A falha de ambas as bombas de abastecimento, umas das principais e a de stand-by, causará uma queda na pressão que fará o desligamento por falta de combustível dos dois diesel-geradores,

A queda de energia no quadro de 440V irá causar falha em ambas as bombas de abastecimento e, portanto, os motores irão parar por falta de combustível. O sinal de partida para a bomba movida a ar comprimido e entrará em ação assim que ocorrer o blackout. A bomba movida a ar permite que a carga do motor seja mantida em aproximadamente 50%, ou seja, com 50% da quantidade de combustível, mas seu funcionamento não deve ser por um período de tempo prolongado.

Como os motores estão localizados em altura mais elevada do que a dos tanques de combustível, não é possível alimentá-los apenas gravidade. A recuperação de um blackout pode ser prolongada, porque podem ter ficado bolsões de ar na rede de combustível, o que faz com que os motores diesel fiquem instáveis num primeiro momento, tornando difícil a sincronização e a distribuição de cargas.

Durante um blackout do quadro 440V, ar comprimido para a bomba de óleo diesel de emergência é controlado por uma válvula solenóide “normalmente aberta”. No entanto, a bomba tem capacidade limitada, pois foi projetada apenas para suportar a partida do motor sem as suas cargas.

Os filtros na linha de alimentação devem impedir que a sujeira entre no medidor de vazão e bloqueá-la, porém caso isso aconteça os motores podem parar por falta de combustível. Nestas circunstâncias, uma das praças de máquinas (o navio-sonda em questão possui três praças de máquinas) estará temporariamente perdida, até que o by-pass manual seja aberto. Os alarmes diferenciais e alarmes de baixa pressão de combustível, na entrada, informarão o operador sobre o problema. A falha na válvula de alívio dos filtros em cada motor irá reduzir o fluxo de óleo combustível para apenas um motor diesel.

Falha da válvula de alívio para alcançar a posição totalmente aberta, na linha de retorno de óleo combustível reduzirá o desempenho do respectivo mecanismo, e pode provocar falha quando existe uma grande mudança na carga.

A contaminação do combustível pode causar sérios problemas em uma embarcação. A contaminação do combustível por água resultará em funcionamento inadequado e possivelmente a perda dos motores. A contaminação microbiológica vai causar o entupimento

do filtro e perda dos geradores. Se a fonte da contaminação é proveniente de um tanque de abastecimento, todas as três praças de máquinas podem ser afetadas ao mesmo tempo. Tratamento prudente do combustível reduz muito o risco de contaminação. Um programa regular de teste do combustível (baseado em análise de terra) durante o abastecimento e o monitoramento da condição do combustível devem estar previstas na manutenção planejada, que deve ser complementada por limpezas regulares do material depositado no fundo dos tanques de decantação.

Este projeto significa que a qualquer momento duas salas de máquinas (quatro motores) estão sendo servidos por um tanque de serviço em comum.

Problemas relacionados com o sistema de óleo combustível podem resultar em um blackout parcial. Filtros entupidos podem resultar em um motor tendo menos capacidade de sustentar a carga.

No caso de qualquer linha de alimentação de óleo combustível estar vazando, a mesma deve ser isolada para reparo. Isto irá resultar na perda de uma praça de máquinas.

Uma das causas mais comuns de incêndios na praça de máquinas é um fino spray de combustível ou óleo que atinge as superfícies quentes, tais como tubos de gases de escape ou vapor, linhas de instrumentos e acessórios soltos ou rompidos por vibrações. Este risco é reduzido pela utilização de um bom isolamento, triagem, duplicação da tubulação, fita anti-spray e escudos de pulverização. Em caso de fogo no em uma das praças de máquinas, apenas particularmente essa que será afetada, todas as outras praças de máquinas são separadas por anteparas e que irá resultar na perda de dois motores, 33% da potência instalada.

6.2 Falhas no sistema de óleo lubrificante

Todas as falhas do sistema de óleo lubrificante irão afetar apenas um motor diesel.

A falta de um sistema de óleo lubrificante, causada por falha da bomba ou falsa baixa pressão causada por falha do pressostato (bloqueio, falha elétrica ou ruptura) levará ao alarme de baixa pressão e desligará o motor diesel.

6.3 Falhas no sistema de ventilação

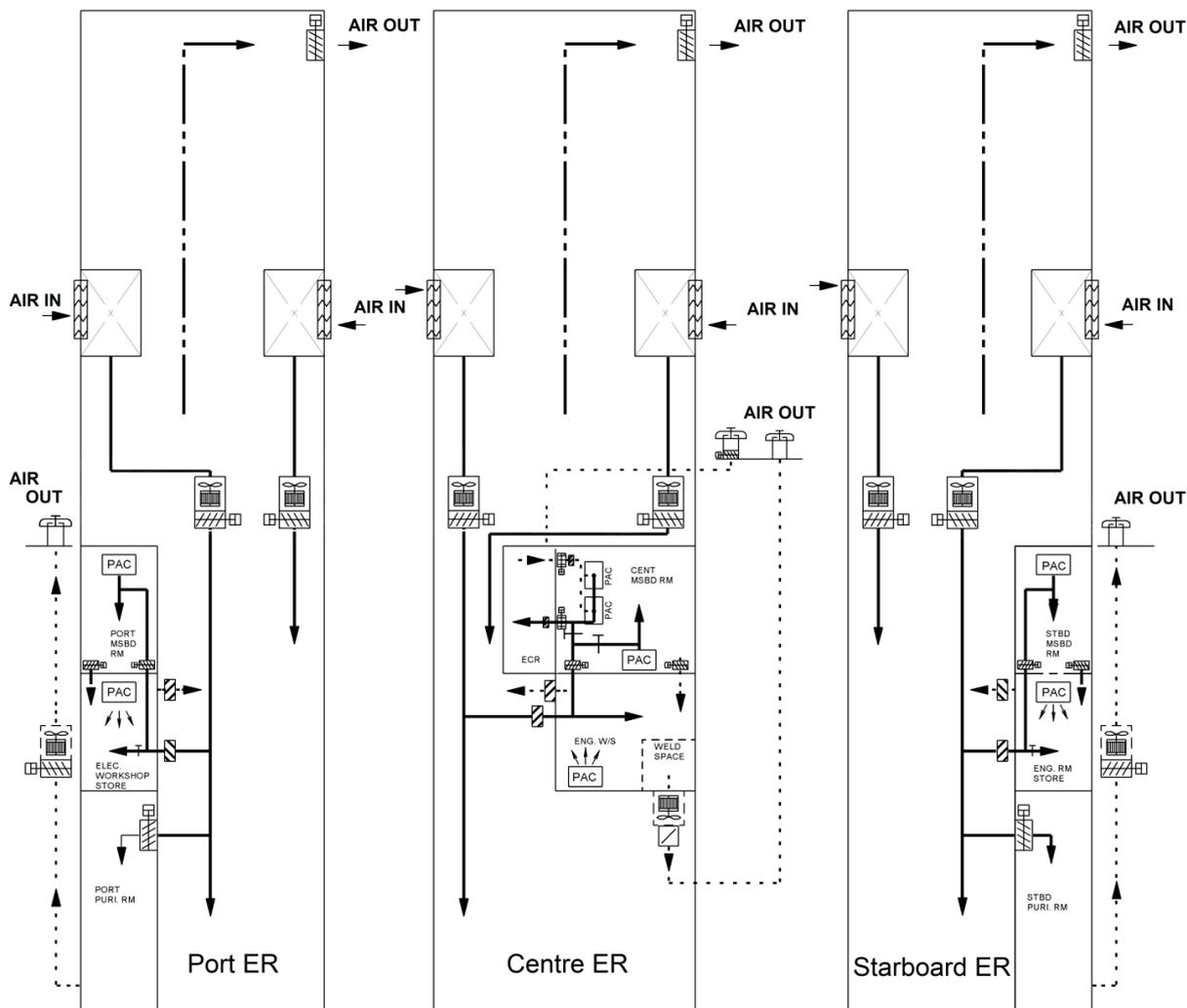


Figura 20 - Sistema de ventilação da praça de máquinas
 Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

Falha total da ventilação é improvável já que o ventilador é alimentado a partir do quadro elétrico de emergência central e o ar ainda será trazido para a praça de máquinas pela tubulação, mesmo se um ventilador parar. Dampers serão mantidos abertos no caso dos ventiladores da praça de máquinas pararem, com os motores ainda em funcionamento. Os dutos de ventilação são dimensionados de tal forma para que sempre exista ar suficiente para manter os motores funcionando, com um efeito mínimo na temperatura de funcionamento do motor.

Fechando os dampers corta-fogo, intencionalmente ou por ação involuntária pode fazer com que os motores se esforcem demais para conseguir empurrar o ar, reduzindo a carga

disponível e possivelmente causando desligamento devido à alta temperatura de exaustão.

Falha no controle do ar irá fechar todos os dampers e fazer os motores falharem. Válvulas de bloqueio do sistema asseguram que exista ar suficiente na linha para manter os dampers abertos por pelo menos 30 minutos. Curto-circuito dos cabos de controle não devem ativar o solenoide, portanto, fechando assim os dampers.

Apenas uma praça de máquinas será afetada por qualquer uma das falhas acima.

6.4 Falhas no sistema de ar comprimido

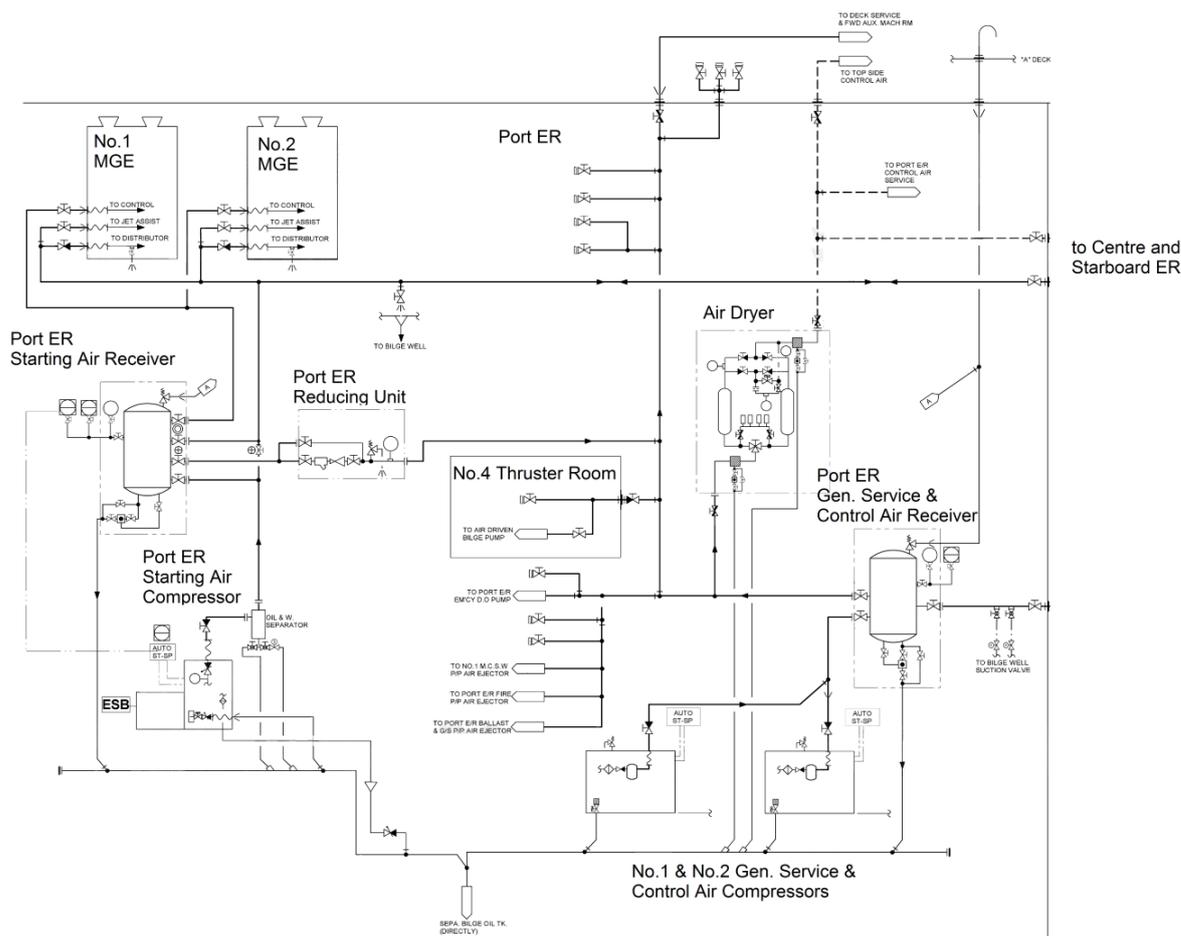


Figura 21 - Ar comprimido da praça de máquinas
 Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

A falha de um compressor de ar de partida dentro de uma praça de máquinas irá resultar em um alarme sem efeito sobre os motores geradores. Ainda será possível partir o motor gerador em stand-by, porque ainda existirá ar no reservatório de ar de partida. Se todos os três sistemas de ar de partida são operados separadamente, a perda de um sistema de ar de partida, na pior das hipóteses, só afetará no funcionamento dos motores de uma das praças de

máquinas. Haverá perda de jato de ar auxiliar, o que pode afetar o desempenho da execução do diesel gerador.

Se um grande vazamento do ar de serviço ocorrer e um sistema tiver que ser desligado, nenhum ar estará disponível para aquela área e assim a secção seguinte pode exigir a ser alternada para um sistema em boas condições. Apenas uma ruptura do tubo após a válvula anti-retorno seria fazer com que o amortecedor afetada para fechar. Se não houver um vazamento, é difícil de detectar a integridade válvula de retenção até que o suprimento principal está perdido.

Um grande vazamento na secção de linha de alimentação ou seja, danos tubo para a frente, pode afetar tanto sistemas se as válvulas de ambas as salas de máquinas são mantidas abertas. procedimentos operacionais deve garantir que apenas um sistema abastece a secção dianteira. A perda de ar para todos os três salas de propulsão para a frente vai causar a perda de controle do ar para os tanques de propulsor de gravidade causando um alarme sobre os tanques e possível a entrada de SW para os propulsores que conduzem a operação lenta e danos internos do propulsor. A perda de ar para a frente quartos propulsor também provoca perda de ar para o freio de eixo propulsores, causando um alarme. Falha do sistema de ar serviço também irá afetar o sistema de ar de controle para esse lado. 3.8.3 A perda de ar para o detector de névoa de óleo, gera um alarme com nenhum outro efeito. 3.8.4 Perda de ar para a válvula de controle de temperatura LT FW resultará na válvula não como conjunto. este não terá efeito sobre as EGM funcionamento.

6.5 Falhas tabuladas

| 3.18.1 Fuel Oil System Failure Modes | | | | | | |
|--------------------------------------|---|-------------|----------------------------------|---|-------------|--|
| Failure Mode | Causes(s) | Probability | Local Effect | Final Effect | Criticality | Remarks/Mitigation |
| Low FO pressure | Supply pump fails | Medium | Pump stops | Standby pump starts. | Minor | One engine room (two engines) affected. Alarm at ECR. |
| | Filter blocked | Low | No fuel supply to one engine | One engine trips. | Minor | Other engine unaffected Differential Alarms and low pressure alarms at diesel engine inlet. |
| | Flow meter blocked | Very Low | Manual bypass to be opened | No loss of engines. | Minor | No effect. |
| | Spring loaded press. reg. valve failure | Low | FO pressure drops on two engines | Fuel starvation and trip. Partial blackout if operating with open bus-ties. | Major | Low FO pressure alarm. |

Figura 22 - Falhas no sistema de óleo combustível
Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

| Fuel Oil System Failure Modes (Continued) | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------|----------------------------|--|---------------------------------------|---|
| Failure Mode | Causes(s) | Probability | Local Effect | Final Effect | Criticality | Remarks/Mitigation |
| QCV activated | Unintentional activation | Low | No fuel to one engine room | Loss of 33% power. | Major | Limited to one engine room (2 engines) only. |
| Fuel oil contamination | Water content | Low | Blocked filters | Maximum of four engines (two E/R) may be lost. | Critical | Shore analysis and bunker segregation should mitigate the risk. |
| | Microbiological contamination | Low | Blocked filters | | | |
| Engine Room fire | Fuel oil on hot surface | Low | One engine room shut-down | Partial blackout. | Major, but critical if not controlled | Two remaining engine rooms compensate. |

Figura 23 - Falhas no sistema de óleo combustível (continuação)
Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

| 3.18.2 Lube Oil System Failure Modes | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------|--|---|-------------|---|
| Failure Mode | Causes(s) | Probability | Local Effect | Final Effect | Criticality | Remarks/Mitigation |
| No pre-lube | Priming pump failure | Low | No pre-lube to one engine | Unable to start affected engine. | Minor | Engines can be started within 5 minutes of shutdown without pre-lube. |
| | Start signal failure | Low | | | | |
| | 440 MSB fault | Low | Alternative supply available | No effect. | | |
| | 440V emergency switchboard fault | Low | | | | |
| | Blackout & emergency generator fails | Medium | MGEs without pre-lube | No effect if engine started within 5 minutes. | | |
| Low LO pressure | Failure of gear driven pump | Low | MGE trips | Other diesel engines unaffected. | Minor | |
| | Failure of pressure switch | Low | Alarm initiated on low LO pressure MGE trips on low-low LO pressure | Other diesel engines unaffected. | Minor | |
| Low LO level | Failure of purifier | Low | Purifier low pressure alarm | No immediate effect. | Minor | Purifier to be stopped and sump refilled. |

Figura 24 - Falhas no sistema de óleo lubrificante
Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

| 3.18.3 Ventilation Failure Modes | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|-------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------|--|
| Failure Mode | Causes(s) | Probability | Local Effect | Final Effect | Criticality | Remarks/Mitigation |
| Failure of ventilation | Fan stops | Low | Air drawn through ducts | No effect. | Minor | To confirm whether the damper remains open when the fan is stopped. |
| | Dampers close (accidental activation) | Low | No air to engines | Two engines (one ER) choke and trip. | Major | Possible loss of associated switchboard. |
| | ESD activated Fire in Engine Room | Low | Ventilation stops, dampers close | | Major | Criticality depending by weather conditions and operations. Outside doors can be opened to provide air. |

Figura 25 - Falhas no sistema de ventilação
Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

| 3.18.4 Compressed Air Systems Failure Modes | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------|---|---|-------------|--|
| Failure Mode | Causes(s) | Probability | Local Effect | Final Effect | Criticality | Remarks/Mitigation |
| No starting air | Compressor failure | Low | Compressor does not start | Compressors available in other engine rooms, no effect. | Minor | If necessary systems can be interconnected. |
| | Leak, pipe burst | Low | One ER down | No effect if engines already running. | Minor/Major | Depending on location. |
| No general service air | Compressor failure | Low | Compressor does not start | Other compressor available, no effect. | Minor | |
| | Leak, pipe burst | Low | No air to control air system | No effect on QCV (see below for control air). | Minor/Major | |
| No control air | Filters blocked, dryer failed | Low | No air to : <ul style="list-style-type: none"> • QCV, • Thermostatic control valves for LO & FW cooling, • Dampers, • Thruster header tanks. | <ul style="list-style-type: none"> • Temperature fluctuations and possible shutdowns, • No effect on QCV, • Dampers will eventually close, • Sealing pressure for the thruster not available, possible water ingress in the system. | Minor/Major | Buffer air bottle provided for QCV. By-pass provided on filters, stand-by dryer available. Air intakes closed. Other E/R unaffected. Alarm on IAS. |

Figura 26 - Falhas no sistema de ar comprimido
Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

| 3.18.5 SW Cooling Systems Failure Modes | | | | | | |
|---|---------------------------------------|-------------|--|---|-------------|--|
| Failure Mode | Causes(s) | Probability | Local Effect | Final Effect | Criticality | Remarks/Mitigation |
| Loss of seawater pressure | Pump fails | Medium | Reduced or No SW flow. Standby pump starts. | The cooling SW pressure returns to normal. No effect on DP. | Minor | Alarm – Standby pump starts. |
| | Strainer blocked | Low | Reduced SW flow. | Change over to second strainer. | Minor | [MGPS] Marine Growth Protection System Anode is fitted in the sea suction strainer which is controlled via the MGPS control panel. |
| Central Cooler Inlet Strainer Blockage | Marine growth/debris in the SW system | Medium | High SW pressure and increase of LTFW temperature. | Change over all cooling to other cooler and clean filter. | Minor | Alleviated by timely Planned maintenance. |

Figura 27 - Falhas no sistema de arrefecimento por água salgada
Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

| 3.18.6 FW Cooling Systems Failure Modes | | | | | | |
|---|---|-------------|--------------------------------------|----------------------|-------------|---|
| Failure Mode | Causes(s) | Probability | Local Effect | Final Effect | Criticality | Remarks/Mitigation |
| No LT FW cooling | Pump failure | Medium | Pump stops | Standby pump starts. | Minor | Alarm – Standby pump starts. |
| | Pipe burst | Low | Exp. tank empties and pump(s) stop | Effects as above. | Minor/Major | Low level expansion tank alarm. |
| | Failure of gear driven pump | Low | Quick temp. rise and MGE trips | One generator down. | Minor | Other generators unaffected. MGE high temperature high alarm. |
| No HT FW cooling | Failure of gear driven pump | Low | Quick temp. rise and MGE trips | One generator down. | Minor | |
| No pre-heating | Failure of pump, failure of pump start signal | Low | No MGE preheating in one engine room | No effect. | Minor | |
| | Failure of heater | Low | | | | |

Figura 28 - Falhas no sistema de arrefecimento por água doce
 Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

| FW Cooling Systems Failure Modes (Continued) | | | | | | |
|---|--|-------------------------------|---|--|-------------|--------------------|
| Failure Mode | Causes(s) | Probability | Local Effect | Final Effect | Criticality | Remarks/Mitigation |
| No temperature adjustment (failure of 3- way thermostatic control valve): | At main LT coolers (control signal, control air, valve failure) | Low | Valve fails to full open, LT system temperature lower | No major problems, valve can be controlled manually. | Minor | |
| | Between LT/HT systems (control signal, control air, valve failure) | Low | Valve fails to full open, HT system temperature lower | No major problem, valve can be controlled manually. | Minor | |
| | HT recirculation on one MGE (control sensor, valve failure) | Low | HT temp. on one engine lower | No immediate effects on affected engine. | Minor | |
| | | | HT temp. on one engine rises | Affected engine trips. | | |
| LT recirculation on one MGE (control signal, control air, valve failure) | Low | Low temperature on one engine | No immediate problems. | Minor | | |

Figura 29 - Falhas no sistema de arrefecimento por água doce (continuação)
 Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

| 3.18.7 Main Diesel Generators Failure Modes | | | | | | |
|--|----------------------------|-------------|---|---|-------------|---|
| Failure Mode | Causes(s) | Probability | Local Effect | Final Effect | Criticality | Remarks/Mitigation |
| For FO, LO, cooling, air, etc. failure modes see relevant sections | | | | | | |
| Generator | Overspeed/full load | Medium | Affected MGE trips for overspeed | Other MGE on the same HV switchboard might trip for reverse power and blackout. | Minor | The vessel continues to operate on the other two HV switchboards. |
| | AVR fault | Low | Affected MGE trips | Load taken by other MGEs. | Minor | |
| | Governor fault | Low | | | | |
| | Breaker trip | Low | | | | |
| | Over current protection | Low | | | | |
| Governor | Loss of signal to actuator | Low | Fuel racks to minimum | Affected generator trips for reverse power. | Minor | Possible drilling or thrust reduction if >70% loaded and only three online. |
| | Supply voltage failure | Medium | Affected Governor operates of batteries | No effect. | Minor | |
| | Speed sensor failure | Medium | Governor minor alarm | Engine runs with only one sensor working. | Minor | |
| | Pulse Jet System Failure | Medium | Slow to respond to rapid load changes. | MGE does not take equal share of sudden load | Minor | |

Figura 30 - Falhas no diesel geradores principais
 Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

| Main Diesel Generators Failure Modes (Continued) | | | | | | |
|--|---------------------------------|-------------|---|--|-------------|--|
| Failure Mode | Causes(s) | Probability | Local Effect | Final Effect | Criticality | Remarks/Mitigation |
| Engine management | Power supply failure | Medium | Engine continues to operate on back up supply | No effect. | Minor | Alarm on IAS. |
| | Power supply unit failure | Medium | | | | |
| | RPM sensor failure | Low | Second sensor is still available. | Fails safe, no effect. Alarm. | Minor | The two sensors have their own supply circuits. |
| Master MGE trips on 80% load | Asymmetric load | Low | Load distributed to other MGEs | Mode automatic change over to symmetric load sharing, stand-by MGE starts. | Minor | |
| Erratic load sharing | kW transducer drift (defective) | Low | Uneven load share by online engines | Blackout prevention compromised due to incorrect available power calculation. Possible partial blackout. | Minor | Regular checks should be made between the main HV display switchboards and IAS displays. |

Figura 31 - Falhas no diesel geradores principais (continuação)
 Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

| 3.18.8 ESD System Failure Modes | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------|-------------|---|---|-------------|--------------------|
| Failure Mode | Causes(s) | Probability | Local Effect | Final Effect | Criticality | Remarks/Mitigation |
| Loss of FS-51 | RCU failure | Low | Redundant RCU takes over. No effect | No shutdown possible from matrix panels No effect on DP. | Minor | |
| | Fuse failure | Low | | | | |
| Power supply failure | Loss of one supply | Low | Alarm, changeover to other UPS | No effect. | Minor | |
| | Loss of second supply | Low | No 24V DC output from one converter | System supplied from other UPS source. No effect on DP. | | |
| | 24V DC converter failure | Low | Changeover to alternate UPS | | | |
| Matrix failure | Short circuit/fire | Low | No shutdown possible from affected matrix | No unexpected shutdown should occur. | Minor | |

Figura 32 - Falhas no sistema ESD
 Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

| 3.18.9 F&G System Failure Modes | | | | | | |
|---------------------------------|--|-------------|--------------------------------------|--|-------------|---|
| Failure Mode | Causes(s) | Probability | Local Effect | Final Effect | Criticality | Remarks/Mitigation |
| Loss of FS 49 or FS 50 | RCU failure | Low | FS-49 or FS-50 stops | Loss of interface with ESD. | Minor | Alarm. No shutdown of DP related equipment. |
| | Fuse failure | Low | | Loss of interface with Autronica fire alarm system. No effects on DP. | Minor | |
| Power supply failure | Loss of one supply | Low | Changeover to other UPS | No effect on DP. | Minor | |
| | Loss of second supply | Low | No 220V AC output from one converter | System supplied from other UPS source. No effect on DP. | | |
| | 220V AC/DC converter failure | Low | Changeover to other UPS | | | |
| Total loss of power | Loss of mains supply and Both UPS supply | Very Low | Both FS-49 and F-50 stop | No fire detection. No effects on DP. | Minor | |

Figura 33 - Falhas no sistema F&G
 Extraído de: internet, editado pelo autor - 2014

7 CONCLUSÃO

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

A perfuração nos dias de hoje atua cada vez mais distante de terra se comparado ao início das atividades do navio *Cuss I* em 1961 e as plataformas marítimas trabalham como indústrias em alto mar, antecipando a produção dos derivados do petróleo. Elas exigem um aprimorado conjunto de sistemas e automatismos.

O FMEA surge nesse contexto como ferramenta fundamental na manutenção dos sistemas DP. Apesar da consulta frequente do FMEA de um equipamento de bordo levar a sua memorização, o mesmo está sempre disponível para consulta.

É óbvio que saber o procedimento certo a se fazer no momento em que não há muito tempo disponível é fundamental, porém essa necessidade se fará presente apenas quando for iniciada a vida de embarcado e, por enquanto, o objetivo dessa pesquisa foi o de familiarização com a ferramenta.

No ápice de minha pesquisa obtive resultados satisfatórios e pude estabelecer laços com empresas de referência em tecnologia de engenharia naval no cenário brasileiro. Não só expandi meu “network” como também atualmente colaboro com os projetos de pesquisa da Technomar Engenharia Oceânica, que é uma empresa de tecnologia em engenharia nos setores de Óleo & Gás, Portuário e Navegação. A mesma é conveniada à USP (junto ao laboratório TPN - Tanque de Provas Numérico - Escola Politécnica), atuando em simulação de manobras em tempo real, projetos de engenharia naval para embarcações e plataformas offshore, projetos e análise de posicionamento dinâmico, análises experimentais e ensaios, treinamento de navegação através de simuladores em tempo real e projetos de inovação.

Num primeiro momento, acompanhei os projetos da Technomar, na cidade de São Paulo, durante o período de férias da EFOMM, do dia 30/06/2014 ao dia 11/07/2014. De todas as atividades desenvolvidas pela por ela, presenciei apenas quatro de suas vertentes de pesquisa que são o desenvolvimento de um protótipo de azimutal, de um protótipo do sistema DP, de uma tecnologia conhecida como SEMA (Sistema Estabilizador Multi-Ativo para Embarcações) e dos simuladores. Dentre os simuladores, a empresa conveniada à USP pretende ser a pioneira no Brasil na criação de um simulador de praça de máquinas, totalmente integrado com o seu simulador de passadiço, o “full-mission”.

Recebi o convite da empresa para de fato trabalhar com eles assim que me formar na EFOMM, possuindo uma bolsa para pesquisa. Toda essa experiência me trouxe grande satisfação profissional e também pude concluir que sempre existem oportunidades para pessoas diferenciadas, que não se limitam apenas pela rotina. Resumindo, acredito que com pequenas ações é possível alterar o curso de toda uma vida.

REFERÊNCIAS

KONGSBERG Dynamic Positioning (DP) K-Pos Maintenance Course. 2ª. ed. Norway: Kongsberg, 2006. 14p.. Livro referência 1 - Capítulo 2

KONGSBERG Dynamic Positioning (DP) K-Pos Maintenance Course. 2ª. ed. Norway: Kongsberg, 2006. 18p.. Livro referência 1 - Capítulo 6

KONGSBERG Dynamic Positioning (DP) K-Pos Maintenance Course. 2ª. ed. Norway: Kongsberg, 2006. 20p.. Livro referência 2 - Capítulo 3

STRADA, L. Natureza jurídica das plataformas marítimas. Rio de Janeiro: DPC, 1986. 135p.

Samsung Heavy Industries **DP FMEA SHI HI 1870 "CERRADO"**. Korea: Global Maritime, 2011. 126p.

Engenharia de perfuração e completção em poços de petróleo. Disponível em: <http://www.petroleo.ufsc.br/palestras/2004_08_05.pdf> Acesso em: 19 jul. 2014

Guidance on Failure Modes & Effects Analyses (FMEAs). Disponível em: <<http://wenku.baidu.com/view/50a53a2a3169a4517723a3fe>> Acesso em: 19 jul. 2014

Types of offshore oil and gas structures. Disponível em: <http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/06mexico/background/oil/media/types_600.html> Acesso em: 20 jul. 2014

O incrível mundo das plataformas de petróleo. Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/o-incrivel-mundo-das-plataformas-de-petroleo>> Acesso em: 20 jul. 2014

Technomar Engenharia Oceânica. Disponível em: <<http://technomar.com.br>> Acesso em: 28 jul. 2014