

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

LEANDRO MANDARINI FOUREAUX
VILMA CAROLINE CARMO DE LEMOS

EMBARCAÇÕES OFFSHORE E SUAS TECNOLOGIAS

RIO DE JANEIRO

2016

LEANDRO MANDARINI FOUREAUX

VILMA CAROLINE CARMO DE LEMOS

EMBARCAÇÕES OFFSHORE E SUAS TECNOLOGIAS

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

Orientador : Professor Hermann Regazzi Gerck

RIO DE JANEIRO

2016

LEANDRO MANDARINI FOUREAUX

VILMA CAROLINE CARMO DE LEMOS

EMBARCAÇÕES OFFSHORE E SUAS TECNOLOGIAS

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

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Professor Hermann Regazzi Gerk

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Dedicamos este trabalho a nossos pais, aos quais não mediram esforços para nos transformar em pessoas dignas, de caráter e coragem, e são responsáveis por fazer desse sonho realidade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente, a Deus por ter iluminado e conduzido nosso caminho com clareza e perseverança, e permitindo que tudo isso acontecesse, não apenas nesses anos como alunos da EFOMM, mas em todos os momentos de nossas vidas.

Eu, Foureaux, agradeço a minha família por todo amor, incentivo e apoio. Principalmente aos meus pais pela determinação e luta para minha formação e dos meus irmãos, pois sem eles este trabalho e muitos dos meus sonhos não se realizariam. Sou grato à Vilma por ter me ajudado a realizar este trabalho, que tomou bastante tempo e exigiu muita dedicação de ambos. Por ser um tema vasto, foi difícil chegarmos a um desfecho que unisse nossas ideias. Agradeço pela nossa amizade, que fez parte da minha formação e que criou um vínculo verdadeiro que irei levar para o resto da vida.

Eu, Vilma, agradeço a minha família pelo apoio e amor incondicional, em especial a minha mãe Márcia, meu maior exemplo na vida, que me ensinou a ter coragem e sempre lutar pelos meus sonhos, por mais impossíveis que possam parecer. E apesar das dificuldades que surgiram pelo caminho, fez de tudo para que eu tivesse uma boa educação e que nada me faltasse. Sou grata ao Leandro pela paciência, amizade, noites mal dormidas e por estar sempre ao meu lado. Agradeço pela forma com que conduziu esse trabalho, no qual acreditamos juntos e nos dedicamos integralmente.

Agradecemos ao mestre Hermann pelas orientações e conselhos. Seu direcionamento de pesquisa, suas sugestões e apontamentos foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradecemos também a nossos amigos e companheiros de camarote, que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho, fizeram parte do nosso dia a dia na escola e continuarão presentes em nossa vida para sempre.

“Se você achar um caminho sem obstáculos,
provavelmente não o conduzirá a lugar algum.”
(Frank A. Clark)

RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo principal mostrar ao leitor conhecimentos referentes às principais tecnologias em embarcações *offshore*, tais como: seu desenvolvimento e suas aplicações gerais. Ao decorrer dessa monografia, pretende-se demonstrar a utilização de propulsão mais eficiente, o seu desenvolvimento, suas vantagens e desvantagens, além de apresentar características com relação ao design das embarcações de apoio marítimo. Citaremos também um dos sistemas mais importantes para as operações *offshore*: O sistema de posicionamento dinâmico. E os melhores sistemas de propulsão existente, tais como: Voith Schneider e o Sistema AZIPOD, exemplificaremos a importância do hélice de passo variável da Schottel, buscando demonstrar a importância da evolução do sistema de propulsão para a marinha mercante.

Palavras-chave: *Design. Embarcações offshore. Propulsão.*

ABSTRACT

This work aims to show the reader knowledge concerning the main technologies in offshore vessels, such as: its development and its general applications. The course of this monograph is intended to demonstrate the use of more efficient propulsion, its development, its advantages and disadvantages. Besides presenting characteristics in relation to design of offshore ships. Will also be quoted one of the best important systems for operation in offshore area: Dynamic positioning. Furthermore, existing propulsion systems, such as: Voith Schneider and the Azipod system, will be exemplified the importance of the variable pitch propeller Schottel, seeking to demonstrate the importance of the evolution of the propulsion system for the merchant navy.

Key-words: Design. Offshore Vessel. Propulsion.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 1 - | Navio sísmico Ramform Atlas | 16 |
| Figura 2 - | Boia com hidrofones e canhão de ar comprimido | 17 |
| Figura 3 - | PLSV Seven Navica | 18 |
| Figura 4 - | Cabos flexíveis | 19 |
| Figura 5 - | Diferentes cargas containerizadas e sendo transferidas para plataforma | 21 |
| Figura 6 - | PSV Normand Artic | 21 |
| Figura 7 - | AHTS Far Sword | 22 |
| Figura 8 - | Monitor para operação do guincho e âncora sendo içada | 23 |
| Figura 9 - | ROV e a imagem gerada pelo robô no monitor | 24 |
| Figura 10 - | RSV HOS Bayou | 25 |
| Figura 11 - | Oil Spill Response Vessel 1050 | 26 |
| Figura 12- | CSV Normand Seven | 27 |
| Figura 13- | MPSV SD Victoria | 27 |
| Figura 14- | Navio x-bow | 30 |
| Figura 15- | Projeto do TwinBow aplicado á um AHTS | 32 |
| Figura 16- | Principais equipamentos do sistema FI-FI | 34 |
| Figura 17- | OSV Harvey Energy | 35 |
| Figura 18- | Sistema Diesel-elétrico | 37 |
| Figura 19- | Sistema de propulsão híbrido aplicado a um PSV | 39 |
| Figura 20- | Planta de um PSV que utiliza LNG | 41 |
| Figura 21- | Descrição de um propulsor azimutal | 43 |
| Figura 22- | SCHOTTEL Twin Propeller | 44 |
| Figura 23- | Propulsor azimutal com hélices contra-rotativas da Rolls-Royce. | 45 |
| Figura 24- | Propulsor azipod da ABB | 47 |
| Figura 25- | Propulsor tubo Kort em uma embarcação | 48 |
| Figura 26- | Tunnel Thruster | 50 |
| Figura 27- | Principais componentes do sistema VSP | 51 |
| Figura 28- | Sistemas de Referência e Sensores | 55 |

| | | |
|------------|-------------------------------------|----|
| Figura 29- | Movimentos de uma unidade flutuante | 57 |
| Figura 30- | Modos de operação | 58 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-----------------|--|
| ABB | ASEA Brown Boveri |
| AHTS | Anchor Handling Tug Supply |
| ARPA | Automatic Radar Plotting Aid |
| ARTEMIS | Advanced Responsive Tactically Effective Military Imaging Spectrometer |
| CO ² | Dióxido de carbon |
| CRP | Contra-rotating propeller |
| DGPS | Differential Global Positioning System |
| DP | Dynamic Positioning |
| DSV | Dive Support Vessel |
| ECA | Emission Control area |
| Fi-Fi | Fire Fighter |
| FFPV | Flexible Fallpipe Vessel |
| GMDSS | Global Maritime Distress Safety System |
| GPS | Global Positioning System |
| LNG | Liquefied Natural Gas |
| MCA | Motor de combustão auxiliar |
| MCP | Motor de combustão principal |
| MGO | Marine Gas Oil |
| MPSV | Multi Purpose Support Vessel |
| NO _x | Óxido Nítrico ou Dióxido de Nitrogênio |
| OCV | Offshore Construction Vessel |

| | |
|------|-------------------------------------|
| OSCV | Offshore Subsea Construction Vessel |
| PLSV | Pipe Laying Support Vessel |
| PSV | Plataform Supply Vessel |
| ROV | Remote Operated Vehicle |
| RSV | ROV Support Vessel |
| SESV | Subsea Equipment Support Vessel |
| STP | Schottel twin-propeller |
| SOx | Óxido Sulfúrico |
| UMS | Unmanned Machinery Space |
| VHF | Very High Frequency |
| VSP | Voith Schneider Propeller |
| WP | Wave Piercing |

SUMÁRIO

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 | EMBARCAÇÕES DE APOIO MARÍTIMO E SEUS TIPOS DE OPERAÇÃO | 15 |
| 2.1 | Tipos de embarcações de apoio marítimo | 15 |
| 2.1.1 | navio sísmico | 15 |
| 2.1.2 | <i>Pipe Line Survey Vessel (PLSV)</i> | 18 |
| 2.1.3 | <i>Plataform Supply Vessel (PSV)</i> | 20 |
| 2.1.4 | <i>Anchor Handling Tug Supply (AHTS)</i> | 22 |
| 2.1.5 | <i>ROV Support Vessel (RSV)</i> | 23 |
| 2.1.6 | <i>Oil Spill Recovery Vessel (OSRV)</i> | 25 |
| 2.1.7 | embarcações especiais | 26 |
| 3 | PROJETO (DESIGN) DAS EMBARCAÇÕES DE APOIO MARÍTIMO | 28 |
| 3.1 | Principais características no design das embarcações de apoio marítimo | 28 |
| 3.2 | Resistências de ondas | 29 |
| 3.3 | Tecnologia “X-Bow” | 30 |
| 3.4 | <i>TwinBow</i> | 32 |
| 3.5 | Sistema de combate à incêndio (Fi-Fi) | 33 |
| 4 | SISTEMAS DE PROPULSÃO NAS EMBARCAÇÕES DE APOIO MARÍTIMO | 36 |
| 4.1 | Sistema de propulsão Diesel-elétrico | 36 |
| 4.2 | Sistema de propulsão híbrido | 38 |
| 4.3 | Propulsão com LNG (Liquefied Natural Gas) | 40 |
| 5 | PROPULSORES | 42 |
| 5.1 | Propulsores azimutais | 42 |
| 5.2 | Propulsor azimutal com duplo hélice | 43 |
| 5.3 | Propulsor azimutal contra-rotativo | 45 |
| 5.4 | Propulsor Azipod® | 46 |
| 5.5 | Tubo KORT® | 48 |
| 5.6 | <i>Tunnel Thruster</i> | 49 |
| 5.7 | Propulsor VOITH SCHNEIDER® | 51 |
| 6 | SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO | 53 |
| 6.1 | Princípio básico | 53 |
| 6.2 | Modos Operacionais | 58 |
| 6.3 | Classes de Sistemas de Posicionamento Dinâmico | 59 |
| 7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 61 |
| | REFERÊNCIAS | 62 |

1 INTRODUÇÃO

O apoio *offshore* no Brasil começou há mais de 40 anos, quando os levantamentos sísmicos na plataforma continental, em 1966, marcaram o início da prospecção de petróleo no mar. A partir de 1968 quando foi descoberta a primeira jazida de petróleo no mar, no campo de Guaricema Sergipe, através da plataforma flutuante P-1, nascia o apoio marítimo no Brasil.

O surgimento da atividade de exploração de petróleo no mar aconteceu em águas rasas próximas da costa. A profundidade da água era pouca, e com isso os desafios logísticos apresentados não eram muito difíceis de serem vencidos. As primeiras unidades de exploração *offshore* se localizavam em praias e eram bem similares aos equipamentos de prospecção utilizados em terra. Assim, a partir das praias, a exploração foi sendo aos poucos deslocada para o mar, porém os equipamentos utilizados ainda estavam conectados a terra, pois ficavam sob trapiches na forma de píeres com não mais de 400 metros de extensão a partir da costa. O próximo passo foi a instalação de unidades fixas de exploração, que se sustentavam sob estruturas de aço fixadas no fundo do mar. Daí, então, surgiram as plataformas de exploração de petróleo *offshore* propriamente ditas. E dessa exploração houve, cada vez mais, a necessidade do apoio de embarcações que desempenham diversas funções essenciais para o desenvolvimento da atividade. Conclui-se que nestes anos de atividades *offshore*, a produção no mar tornou-se vital para o Brasil, passando a responder por cerca de 80% do total produzido no país no início de 1999, ou seja: cerca de um milhão de barris de petróleo provenientes de 74 plataformas fixas e 23 flutuantes.

2 Embarcações de apoio marítimo e seus tipos em operação

A navegação de apoio *offshore* fornece o apoio logístico às unidades de exploração e produção de petróleo. Esse apoio logístico é feito, também, pelo ar, por helicópteros, para transportar pessoas ou pequenas cargas. No entanto, é pelo mar que se concentra sua parte principal, levando às unidades de exploração e produção os insumos necessários à operação destas. Entre os serviços prestados pelas embarcações de apoio *offshore*, pode-se citar os de montagem e lançamento de equipamentos e tubulações, suprimento e apoio logístico diverso, manuseio de âncoras, tubulações e cabos variados, apoio a serviços de manutenção em plataformas e estruturas submersas, combate a incêndios e outros. De início, as embarcações de apoio *offshore* eram unidades relativamente simples, mas, com o passar do tempo, essas embarcações foram se tornando mais potentes e mais sofisticadas. Consequentemente, no âmbito econômico, o seu preço médio subiu e, atualmente, podem custar mais de US\$ 100 milhões.

A seguir serão explicitados quais são os tipos de embarcações de apoio marítimo que existem atualmente e para quais fins eles se destinam, cobrindo as mais comuns até as mais especializadas.

2.1 Tipos de embarcações de apoio marítimo

2.1.1 navio sísmico

A pesquisa sísmica marítima é o primeiro passo para identificar as reservas de petróleo e gás natural. Consiste no mapeamento e reconhecimento das diversas camadas que compõem o subsolo marinho. O objetivo da pesquisa sísmica marítima é buscar informações sobre as formações rochosas que estão no subsolo do fundo do mar, para encontrar e analisar os locais que possuem poços de petróleo e gás. Seu principal instrumento de pesquisa, o navio sísmico, possui grandes cabos com canhões de ar comprimido e sensores sísmicos.

Figura 1- Navio sísmico Ramform Atlas



Fonte: www.offshoreenergytoday.com

As fontes de ar comprimido rebocadas, da mesma forma que radares e sonares, emitem ondas de baixa frequência que vão até as camadas de rocha do fundo do mar e retornam à superfície. As ondas são então captadas por hidrofones presos ao cabo sísmico do navio, e geram imagens como uma radiografia do mar. Os registros dos hidrofones são calculados por avançados computadores, gerando mapas e outras informações que são analisadas pelos profissionais. A análise identifica e caracteriza os pontos do fundo do mar que possuem poços de petróleo e gás.

O número de cabos depende da capacidade da embarcação, podendo variar de 1 a 12 cabos, dependendo da área destinada para operação. Para viabilizar esta operação, o navio precisa de bastante espaço na região da popa, onde há uma abertura do casco, de onde são lançados os cabos sísmicos. Os cabos são rebocados a 7m de profundidade e na extremidade de cada um há uma boia que emite luz. Uma viagem dura em torno de 40 dias, sendo deles em torno de 10 dias em deslocamento e 30 em operação.

Figura 2- Boia com hidrofones e canhão de ar comprimido



Fonte: petroleo21.blogspot.com.br

O navio sísmico contém vários locais de armazenamento (de cabos sísmicos, garrafas de ar comprimido, e outros), hangar, oficinas, grande área de operação e laboratórios, com diferentes funções. Sua tripulação é composta além dos tripulantes de segurança, por uma tripulação de cientistas e técnicos especializados. Sendo assim, esse ponto passa a ser muito relevante na acomodação e conseqüentemente no arranjo geral.

Durante as operações do navio sísmico, são utilizadas embarcações de pequeno porte para dar assistência à operação, orientando os barcos de pesca e de navegação que estiverem nas redondezas durante a pesquisa, para evitar acidentes. Além, também, de fazer o transporte de materiais em geral do navio sísmico.

Essas embarcações são de grande porte e carregam cabos que se estendem por quilômetros. Durante uma operação, a embarcação navega com capacidade de manobra restrita, representando, portanto um risco às embarcações de pesca e de navegação, que possam eventualmente cruzar sua rota.

2.1.2 *Pipe Line Survey Vessel (PLSV)*

O PLSV é responsável pelo lançamento e instalação das linhas flexíveis ou rígidas, junto com seus devidos equipamentos nos poços de petróleo localizados no fundo do mar. Para essas operações existem tipos diversificados de navios, que diferem quanto ao tipo de lançamento, a linha lançada e o tipo de armazenamento das linhas, dando suporte às unidades de produção *offshore*. A contratação de tais embarcações é muito dispendiosa e, portanto, é necessário ter ciência se a estrutura da mesma é compatível com o trabalho a ser realizado. A presença de alguns equipamentos como torres de lançamento, carretéis, entre outros, é o que caracteriza fisicamente esse tipo de navio.

Figura 3 - PLSV Seven Navica



Fonte: www.subsea7.com

As “linhas” nada mais são do que dutos submarinos. Nestes dutos trafegam produtos como óleo, gás, água, entre outros, além disso, pode ser utilizado também para passagem de cabamentos. O assentamento de dutos no fundo do mar pode representar uma série de desafios, especialmente se a água é profunda. Estas linhas podem ser divididas em: linhas flexíveis ou rígidas. As linhas flexíveis são de fácil armazenamento, se comparadas com as rígidas, devido sua maior flexibilidade e raio de armazenamento menor. De forma a não rígidas. Estas são armazenadas em cestas ou bobinas. As rígidas são linhas com maior

dificuldade de armazenamento devido sua rigidez, e um alto raio de armazenamento para que não deforme a linha. Estas são armazenadas em carretel (enormes bobinas), e em alguns casos ela é transportada rebocada de forma que vá flutuando até o local onde vai ser instalada. Outra maneira interessante é a fabricação e soldagem da união das linhas dentro da própria embarcação ocorrendo o lançamento em seguida, mas há poucos navios desse tipo no mundo.

Figura 4- Cabos flexíveis



Fonte: <http://pt.slideshare.net/CristianNunes2/engenharia-de-petroleo-offshore3>

Uma importante observação a ser ressaltada, a fim de que não haja demasiada tração nas linhas durante o lançamento, ou até rompimento das mesmas, é que a velocidade de avanço da embarcação, definida pela ação dos *thrusters* deve ser igual à velocidade com que a linha sai da embarcação. Além disso, no cenário da extração de petróleo, os dutos submarinos, de acordo com suas respectivas funções, podem ser classificadas em três tipos: Risers, Flowlines ou Jumpers.

Entre as operações realizadas, o lançamento de dutos submarinos no leito do oceano pode basicamente ser realizado através de um dos três métodos: S-Lay, J-Lay ou Reel-Lay.

Equipamentos do Método S-Lay

Equipamentos de transporte e manuseio de dutos, estação de alinhamento e soldagem dos passes de raiz, estações de soldagem dos passes de enchimento, máquinas de tração, estação de inspeção radiográfica, estação de revestimento e rampa de lançamento.

Equipamentos do Método J-Lay

Sistema de elevação para verticalização do tramo pré-fabricado, Sistema de transferência do tramo para a torre de lançamento, equipamentos de alinhamento, soldagem, inspeção por ultrassom e revestimento.

Equipamentos do Método Reel-Lay

Tambor de armazenamento, equipamento de retificação, máquinas de tração, estação para montagem de ânodo de sacrifício, estação para corte, alinhamento, soldagem, inspeção e revestimento de eventuais juntas de campo, equipamento de suporte da linha e rampa de lançamento.

2.1.3 *Plataform Supply Vessel (PSV)*

Embarcação concebida para o transporte de suprimentos às plataformas que operam em águas rasas. Possui um convés livre para armazenar a maior quantidade de carga possível. As cargas transportadas são granéis líquidos e sólidos, alimentos e equipamentos.

Os granéis sólidos (baritina, hematita, bentonita, cimento) utilizados na composição da lama para completação dos poços são transportados em silos específicos. Nos tanques são armazenados água, lama e óleo diesel.

Uma operação de suprimento consiste basicamente na aproximação da embarcação junto à plataforma com a qual irá operar, de forma que o guindaste e os mangotes da unidade alcancem o convés principal do navio. Contudo, antes do transporte deve ser feito um plano de carregamento, e o oficial de náutica deve checar se toda a carga embarcada consta no manifesto de carga. Se tudo estiver de acordo, o navio pode navegar para as unidades.

Figura 5- Diferentes cargas containerizadas e soltas sendo transferidas para plataforma.



Fonte: www.oceanica.ufrj.br

A atividade de suprimento envolve não somente o transporte para as plataformas, como também o retorno dos resíduos que não podem ser lançados ao mar. A carga que retorna para terra é chamada *backload* e deve também ser acompanhada por um manifesto.

Uma embarcação do tipo PSV pode carregar uma grande variedade de cargas com características distintas. De forma a tornar as operações mais seguras, alguns procedimentos foram adotados levando-se em consideração a característica das cargas.

Figura 6- PSV Normand Artic



Fonte: <https://solstad.no/fleet/>

2.1.4 Anchor Handling Tug Supply (AHTS)

São embarcações robustas especialmente projetadas para trabalhar em operações de reboque e ancoragem de plataformas. Por serem embarcações de grande complexidade, o convés é equipado com equipamentos especiais como: guinchos de manuseio/reboque, guinchos auxiliares, coroa de barbotin, guindastes, A-frame (alguns rebocadores), paiol de amarra, guincho de manobra (*tugger*), cabrestante, pinos de reboque (*towing pins*), *shark jaws*.

O AHTS é uma embarcação polivalente, sendo utilizada em operações de manobras de ancoras e no posicionamento de plataformas, reboques oceânicos de grandes estruturas e embarcações, socorro e salvamento, combate a incêndios, transporte de suprimentos e cargas múltiplas, tais como equipamentos para perfuração e prospecção de petróleo, tubulações, *containers*, correntes, possuindo ainda tanques específicos para transporte de combustível, água potável, *drill water*, cimento, barita, betonita, *slops*, entre outros.

O navio se destaca pela automatização, possuindo um passadiço digital com equipamentos de navegação e comunicações de última geração como: sistema de posicionamento dinâmico (DP), GPS Diferencial (DGPS), radares Arpa, cartas náuticas eletrônicas, GMDSS, rádios VHF, fax, telefone, internet e praça de máquinas automatizada.

Figura 7- AHTS Far Sword



Fonte: www.farstad.com/fleet/ahts-vessels/ahts-fleet-list/far-sword

O reboque consiste na ação de puxar ou empurrar unidades flutuantes que necessitem ser deslocadas. No caso das embarcações de manuseio de âncoras, faz-se o reboque de plataformas principalmente nas operações de movimentação e ancoragem. Operações de reboque são de alto risco, portanto, é feito antes de cada operação, um levantamento prévio das condições de mar, força de tração estática do rebocador (*bollard pull*) e critérios de segurança. Para tal, é preenchido um *checklist* a bordo de forma que nenhum detalhe seja esquecido.

O Guincho é utilizado para posicionar a âncora no local determinado pelo projeto de ancoragem e fazer o tensionamento. Os guinchos de manuseio variam de tamanho, podendo os maiores suportar mais de 500 toneladas de tensão. O guincho é operado pelo passadiço e observado pelo operador por meio de monitores instalados no console.

Figura 8- Monitor para operação do guincho e âncora sendo içada



Fonte: www.oceanica.ufrj.br

2.1.5 ROV Support Vessel (RSV)

São embarcações construídas para inspecionar linhas de ancoragem e dutos, além de servirem de apoio para lançamento de dutos rígidos. Estes navios são obrigatoriamente dotados de sistema de posicionamento dinâmico (DP) além de vários outros equipamentos, tais como guincho de alta capacidade, guindaste e A-frame (pórtico), dependendo do tipo de trabalho subaquático que será realizado pelo robô. A gama de equipamentos permite que a embarcação realize operações de inspeção visual dos dutos e linhas de ancoragem,

intervenção nos dutos e auxílio na instalação de dispositivos submarinos (árvore de natal molhada e *manifolds*).

O ROV (*remotely operated vehicle*) é um robô de operação remota utilizado em operações submarinas. São ligados à embarcação através de um cabo que transporta eletricidade, sinais de vídeo e telemetria, fundamentais para a equipe de operação a bordo.

Figura 9- ROV e a imagem gerada pelo robô no monitor



Fonte: <http://www.oceaneering.com/products-and-services/subsea-oilfield/>

O veículo possui boa estabilidade e boa manobrabilidade nas operações submarinas graças à instalação dos componentes mais pesados na parte inferior e os mais leves na parte superior.

Para poder orientar a navegação no fundo do oceano, além de câmera e sonar ele também possui um sistema de posicionamento hidroacústico. O veículo carrega um *transponder* e o navio possui um transdutor que transmite sinais acústicos permitindo ao operador saber sua exata localização no fundo do oceano.

O ROV permite que as linhas de ancoragem, dutos e sistemas submarinos sejam inspecionados rapidamente e a um custo menor do que na remoção. Seu sistema de câmeras possibilita a inspeção em profundidades impossíveis de serem alcançadas por mergulhadores. Por outro lado, por ser uma inspeção visual, fica-se limitado à detecção e descontinuidades externas e de grandes dimensões.

As intervenções realizadas por um ROV podem ir desde um simples aperto de parafuso numa árvore de natal até a colocação de sacos de areia e cimento (*grout bag*) sob os dutos rígidos para correção dos vãos livres.

Figura 10 - RSV HOS Bayou



Fonte: <http://www.deltasubsea-rov.com/rov-systems/vessels>

Assim como qualquer operação na indústria *offshore*, as atividades do navio de ROV exige atenção principalmente na operação do robô, haja vista que são feitas intervenções em cabeças de poços, *manifolds* e dutos. Por isso, a equipe do ROV deve ser altamente capacitada para que não ponha em risco a tripulação. Adicionalmente, deve-se ter atenção especial ao sistema de posicionamento, pois uma falha pode culminar no abalroamento com embarcações envolvidas na mesma operação.

2.1.6 *Oil Spill Recovery Vessel (OSRV)*

Possui equipamentos para atuação em vazamentos no oceano, como radares capazes de detectar derramamentos de óleo em um raio de 20 km, mostrando inclusive a espessura da mancha, e um sistema de posicionamento dinâmico que dá inteligência às ações no mar. O OSRV é o único projetado exclusivamente para esta função. A embarcação conta com um *skimmer* que tem capacidade de drenar 250 mil litros de resíduos por hora, além de tanques para o armazenamento de até 750 mil litros de material coletado - a embarcação drena o equivalente a 250 caixas d'água de 1.000 litros cada por hora.

Possui também o *workboat* a bordo, que permite se aproximar da mancha de óleo e cercá-la com rapidez, impedindo que o derramamento se expanda - um investimento de cerca de R\$ 2,4 milhões. Outra importante ferramenta é o *firefighting system*, com quatro canhões, com alcance para extinguir focos de incêndio em líquidos inflamáveis. A embarcação ainda pode atuar como navio de transporte entre plataformas, inclusive para resgate e evacuação de pessoas.

Figura 11- Oil Spill Response Vessel 1050



Fonte: www.damen.com

2.1.7 embarcações especiais

As embarcações de apoio marítimo dedicadas às operações de grande valor para a atividade *offshore* são comumente conhecidas como embarcações especiais. Elas podem ser separadas em duas classes maiores: as de construção, denominadas OCV (*Offshore Construction Vessel*), e as de lançamento de linhas, denominadas PLSV (*Pipe Laying Support Vessel*). As de construção tem como atividade a instalação de equipamentos submarinos, como Árvores de Natal, *Parking Stands*, entre outros. As de lançamento de linha usualmente lançam linhas e dutos submarinos, como por exemplo, linhas de fibra ótica e linhas de gás, podendo ser flexíveis ou rígidas. Existem ainda outras que são derivadas dessas embarcações, e que realizam serviços semelhantes, como as MPSV (*Multi Purpose Support Vessel*), OSCV (*Offshore Subsea Construction Vessel*), SESV

(*Subsea Equipment Support Vessel*), DSV (*Dive Support Vessels*) e FFPV (*Flexible Fallpipe Vessel*).

Figura 12- CSV Normand Seven



Fonte: <https://solstad.no/fleet/>

Figura 13- MPSV SD Victoria



Fonte: www.damen.com

3 PROJETO (DESIGN) DAS EMBARCAÇÕES DE APOIO MARÍTIMO

Na construção de embarcações de apoio, ao se realizar o projeto destas, o design final deve levar em conta não somente considerações econômicas atuais como também aquelas que provavelmente irão surgir durante a vida do navio.

Com o auxílio de computadores é possível fazer um estudo de um grande número de parâmetros de *design* e chegar a um modelo de navio que além de tecnicamente viável, seja principalmente o mais eficiente economicamente. Preferencialmente, este *design* deverá levar em consideração o custo inicial, o custo de operação e manutenções futuras.

3.1 Principais características no *design* das embarcações de apoio marítimo

Pode-se identificar facilmente a maioria das embarcações *offshore* pelo seu desenho característico, com uma superestrutura à vante e o convés espaçoso a ré. Esta disposição se tornou praticamente padrão nas embarcações de apoio marítimo, pois soluciona o problema que surgiu logo no início das operações *offshore* de apoio logístico à prospecção de óleo e gás, que é a necessidade de se transportar o máximo de carga possível na embarcação, sendo esta relativamente pequena. Assim, o grande convés de carga à ré, com aproveitamento praticamente total de área até os limites da popa e plano se tornou a melhor solução. Se a superestrutura ficasse à ré, o espaço para carga ficaria limitado entre o castelo de proa e a própria superestrutura. Além da superestrutura, a maioria dos diversos equipamentos necessários de uma embarcação fica à vante também, como os dutos dos gases dos motores (chaminé) e os equipamentos de segurança, como as balsas salva-vidas. Isso maximizou a utilização do espaço a bordo para o transporte de carga. Esse esquema também permite que se tenha um bom acesso e um alcance rápido aos guindastes das unidades marítimas, criando assim uma área livre de obstáculos de superestrutura para a ré.

Para um melhor aproveitamento visual dos tripulantes nas manobras próximas às unidades em alto-mar, se fez necessária a instalação de um passadiço com capacidade visual de 360°, ou o mais próximo disto. As embarcações de apoio marítimo possuem uma grande área envidraçada e vigias ao redor do passadiço. A visão através de todos os ângulos normalmente só é obstruída pela chaminé, que pode ficar na parte externa, fora do passadiço. Mas nos projetos mais modernos, fica dentro da superestrutura, passando por dentro do próprio passadiço.

Para a execução das operações com as unidades ou outras embarcações, os passadiços são dotados de pelo menos dois consoles de manobras principais, um na parte de vante e outro à ré do passadiço. Isso acontece porque se opera com as embarcações de apoio marítimo, principalmente os PSVs e AHTS, a contra bordo da plataforma ou navio, ou paralelo aos mesmos, mantendo às vezes somente uns poucos metros de distância. O console de vante é utilizado para navegação e aproximação, quando o de ré é usado para as manobra em si, permitindo a visão do próprio convés e da operação em andamento.

3.2 Resistências de ondas

O bulbo de proa é o recurso utilizado mais eficiente pra minimizar a resistência de ondas. Esse gera um trem de ondas defasado de meio comprimento de onda em relação às ondas de proa. Como resultado disto tem-se uma interferência destrutiva entre elas, suavizando as ondas resultantes e, conseqüentemente, economizando o combustível da embarcação. O comprimento do bulbo define a fase de interferência e o seu volume determina a largura do seu sistema de ondas.

Vantagens do bulbo de proa:

- Reduz a onda de proa, devido à onda gerada pelo próprio bulbo, tornando o navio mais eficiente em termos energéticos;
- Aumenta o comprimento do navio na flutuação, aumentando ligeiramente a velocidade do navio, reduzindo os requisitos de potência instalada e, portanto o consumo de combustível;
- Funciona como um “para-choque” robusto em caso de colisão;
- Permite a instalação mais a vante do impulsor de proa, tornando-o mais eficiente;
- Permite maior reserva de flutuação ou maior capacidade de lastro a vante;
- Reduz o movimento de cabeceio (*pitching*).

Desvantagem do bulbo de proa:

A adição do bulbo às obras vivas da embarcação contribui negativamente na resistência friccional ao aumentar a área molhada ao casco. O que se obtém, ao final, é um ganho relativamente pequeno uma vez que ao reduzir-se a componente de ondas da resistência acaba-se por aumentar a componente friccional, e ao mesmo tempo uma grande complicação na construção das seções de vante da embarcação.

Aspectos do projeto do bulbo:

- O bulbo nunca deve emergir completamente. O ponto da extremidade mais a vante deve ficar ao nível da linha de água;
- Distribuição do volume do bulbo:
- Volume concentrado longitudinalmente perto da superfície livre aumenta o efeito de interferência nas ondas.

3.3 Tecnologia “X-Bow”

A nova proa concebida pela *Ulstein* promove as vantagens similares àquelas proporcionadas pela proa bulbosa sem o incremento à resistência friccional, promovendo um ganho final superior e uma construção mais simples das seções de vante.

No Brasil, já existem três embarcações tipo X-BOW construídas, todas pelo estaleiro Aliança para a CBO.

Figura 14 -Navio X-bow



Fonte: Dokkum (2008)

Benefícios:Quanto à eficiência e meio ambiente:

- Maior velocidade de transito

O resultado obtido no tanque de provas de Marin na Holanda, mostra que há uma melhoria de “perda de velocidade” em estado do mar com ondas entre 2,5 e 10 metros de 19%;

- Menor consumo de energia;
- Melhor eficiência de combustível;

A economia de combustível é obtida primordialmente pela redução da componente de geração de ondas da resistência, pois possui uma proa contínua e afiada que divide suavemente as ondas e o mar calmo. O aumento de volume acima e na frente permite que a embarcação responda com eficiência a grandes ondas, diferentemente de uma proa convencional, que empurra as ondas para baixo e para vante, retardando o avanço da embarcação.

O teste no tanque de provas de Marin, na Holanda, mostrou que dependendo do estado do mar e da velocidade da embarcação, o teste mostra uma redução de consumo de combustível entre 7 e 16%;

Quanto à segurança e conforto:

- Eliminação de batida e impactos de proa;
- Entrada suave nas ondas;
- Menos borrifo;
- Menores níveis de aceleração vertical;
- Nível de vibração reduzido;
- Aumento do conforto e do descanso da tripulação.

Devido ao fato de não existir batidas de proa, e também devido aos níveis de aceleração serem menores;

- Área de trabalho mais segura devido a movimentos mais suaves e proteção fornecida pelo casco.

Desvantagem:

A proa fechada observada nas embarcações com proa “X-Bow” dificulta as manobras de atracação por dificultar a passagem das retinidas. Há também questionamento quanto à

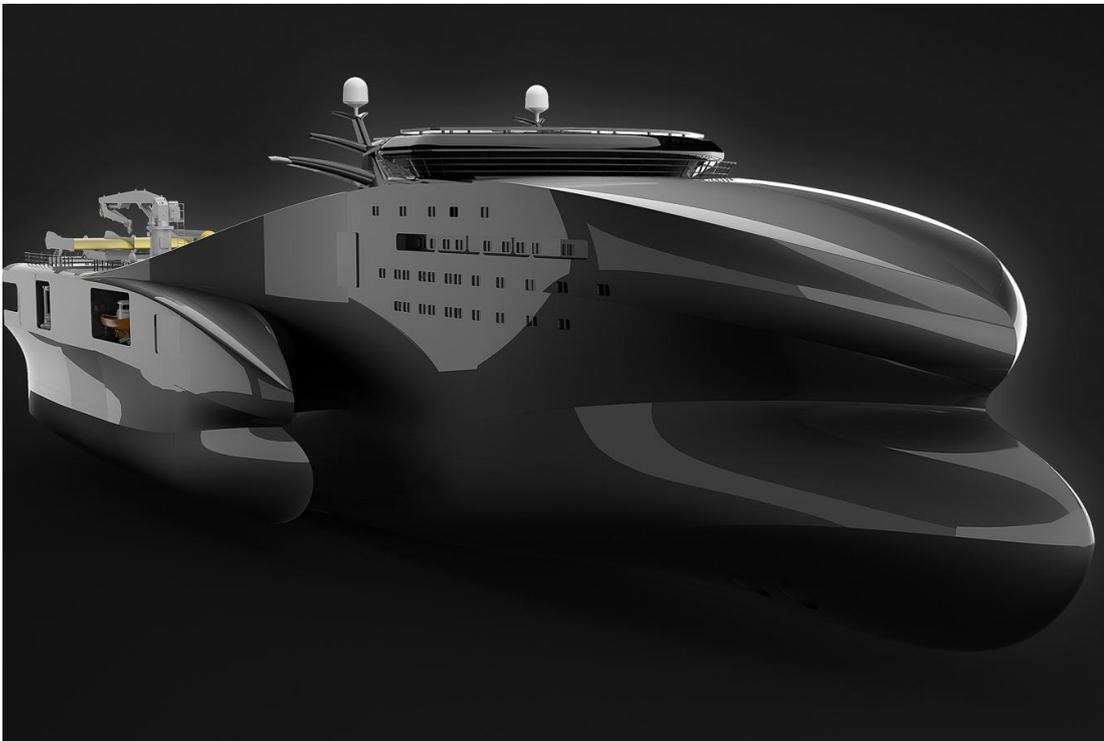
capacidade deste novo tipo de proa de evitar que o mar espalhado pela proa do navio atrapalhe a visão do navegante.

3.4 *TwinBow*

Nos últimos anos, designers Noruegueses tornaram-se especialistas em novos tipos de proa e inovações nos designs de embarcações *offshore*. Geralmente elas são desenvolvidas por companhias estabelecidas, mas recentemente o novo conceito começou a atrair atenção. O novo *twinBow* veio de diferentes recursos e é uma evidência da força da indústria *offshore* norueguesa.

O nome dado (*TwinBow*) a esse projeto é bastante adequado, pois o design de fato apresenta duas formas de proa separadas dispostas uma acima da outra. A teoria segundo especialistas por trás do *TwinBow* é na porção inferior da proa estendendo o comprimento da linha da água na mesma proporção do bulbo de proa porém, permite um grande volume no bulbo. A porção de cima da proa foi desenhada para dar o elemento "*wave piercing*", que dá a embarcação mais sustentação quando está navegando em mar agitado com ondas de grande amplitude.

Figura 15 - Projeto do *TwinBow* aplicado á um AHTS



Fonte: <http://www.motorship.com/>

Essa tecnologia já está sendo implementada e começou o desenvolvimento em vários tipos de embarcações *offshore* como, por exemplo: navios de apoio à plataforma, navios de manuseio de âncora, navios de construção, navios sísmicos.

Vantagens do TwinBow:

- redução no consumo de combustível;
- redução na resistência ao avanço;
- casco eficiente;
- aumento na capacidade de carregamento;
- tecnologia *wave-piercing*;
- mais estável em mal tempo.

3.5 Sistema de combate a incêndio (Fi-Fi)

Desafios no combate a incêndio durante acidentes recentes na área *offshore* fez com que um grande número de embarcações de apoio se equipasse com o sistema de combate a incêndio, com uma bomba mais potente e com maior capacidade de água. Acidentes *offshore*, como a explosão da Plataforma Deepwater Horizon, levou a indústria a aumentar a habilidade das embarcações para combater as chamas maiores e mais ferozes.

O sistema ‘‘FiFi’’ é dividido em FiFi 1, FiFi 2 e FiFi 3. Ele é um sistema completo e integrado incluindo as bombas, os monitores, transmissão e sistema de controle. O design das embarcações estão ficando cada vez mais complexos devido ao grande número de novos sistemas e novas tecnologias. Além disso, as novas embarcações devem estar bem equipadas e preparadas para situações que forem devidamente requisitadas.

Figura 16 - Principais equipamentos do sistema FI-FI



Fonte: <http://www.fifisystems.com/>

Sistema de combate a incêndio 1 (2 ou 3) são notações de classe concedido a navios construídos e equipados em conformidade com os requisitos das classes relevantes. Estes requisitos são baseados em experiência e uma avaliação dos navios futuros, do tamanho do objeto a ser protegido e equipamento disponível de combate a incêndio são reguladas pela classificação:

- Capacidade de combate a incêndio do navio;
- A estabilidade do navio e sua capacidade para manter a posição quando os monitores de combate a incêndio estão em operação;
- A capacidade de autoproteção do navio. É importante ter a operação de sistema completo em mente durante o processo de *design* para um melhor desempenho no consumo de energia mínimo e custo do equipamento

Figura 17- OSV Harvey Energy



Fonte: hillierfire.com

Fireboats são, normalmente, muito mais abrangentes e exigentes do que os sistemas padrão fi-fi 1 e 2 entregues aos rebocadores e embarcações *offshore*. O sistema complexo que compreende uma série de produtos amarrados em um sistema de controle remoto pode ser um desafio para qualquer empresa de engenharia.

4 SISTEMAS DE PROPULSÃO NAS EMBARCAÇÕES DE APOIO MARÍTIMO

Ao longo de centenas de anos de construção naval, o ser humano tenta introduzir o binômio velocidade e custo de operação nos seus projetos de embarcações para o comércio marítimo mundial. Com isto, tenta alocar espaços maiores para carga, tornando mais lucrativa esta atividade comercial. Nos dias de hoje, a Propulsão Elétrica vem se apresentando como uma das melhores opções para preencher os requisitos deste binômio. Sua utilização em situações específicas como a indústria de prospecção de petróleo é quase imbatível. A necessidade deste segmento da indústria de obter embarcações ágeis para fazer manobras de perfuração e abastecimento das plataformas com segurança e menores custos está impulsionando este desenvolvimento. Hoje, opera-se em maiores lâminas d'água com grandes ondas e maior força de ventos dificultando estas operações.

É essencial e prioritário, nos dias de hoje, a utilização de mecanismos que propiciem às embarcações condições para efetuarem movimento lateral para compensar a força das ondas, correntes, ventos e outras adversidades.

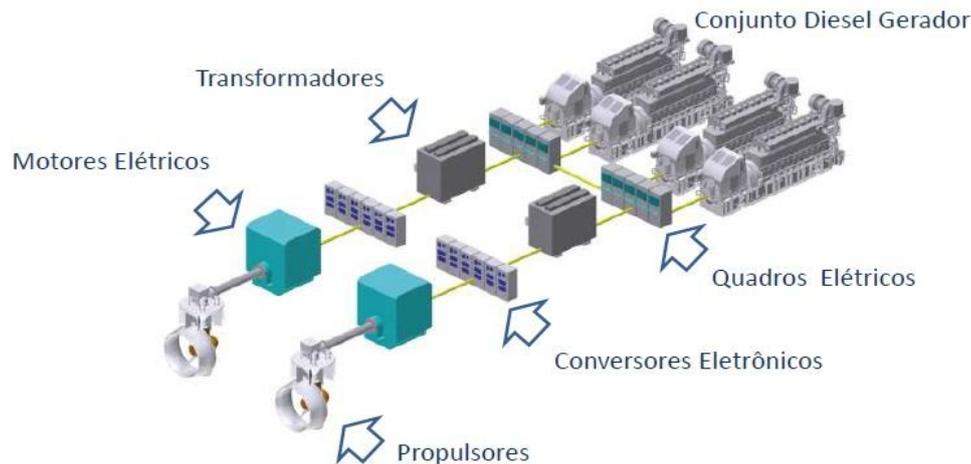
4.1 Sistema de propulsão Diesel-elétrico

Este sistema é um tipo de propulsão baseado em geradores e motores diesel-elétricos, não utilizando MCP (Motor de Combustão Principal). Consiste na utilização de um determinado número de geradores capazes de suprir a demanda de energia de todos os equipamentos elétricos da embarcação. A principal característica deste sistema é o controle da velocidade do navio pelo controle da rotação do motor elétrico. As unidades de propulsão (thrusters, propulsores, etc.) são acionadas localmente através de motores elétricos e todo o sistema do navio é interligado através de cabos de força e de comando.

Esta forma de propulsão gera algumas vantagens sobre os sistemas que utilizam motores de combustão principal, como, por exemplo, a redução do tamanho da praça de máquina, já que os diesel-geradores são menores que os MCPs e pelo fato de não haver necessidade de linha de eixo, e a economia de combustível através de um melhor gerenciamento da potência gerada para as operações.

Figura 18- Sistema Diesel-elétrico

Componentes principais de uma propulsão Diesel- elétrico



Fonte: <http://www.wartsila.com/>

Principais vantagens da propulsão elétrica:

- Praças de máquinas mais limpas e silenciosas, atendendo aos mais severos códigos da SOLAS de nível de ruído e vibração;
- Redução do Consumo de Combustível.
- Menor nível de poluição atmosférica;
- Manutenção extremamente simples; e
- Alto nível de segurança nas operações, o que permite operações com sistemas supervisórios à distância, permitindo à praça de máquinas operar de forma desguarnecida (UNMANNED MACHINERY SPACE – UMS). Com vigilância remota.

Esse sistema também apresenta algumas desvantagens:

- Um grande número de motores diesel é requerido para a produção de energia elétrica necessária;

- Alto custo inicial na instalação;
- Atualmente, as potências mais elevadas disponíveis estão na faixa dos 21MW; e
- Não pode ser instalado em grandes navios com grande capacidade de carga, os quais precisão de muita potência e grandes motores.

Mesmo com essas desvantagens, o sistema de propulsão elétrica é muito bem aproveitado em embarcações menores, como as de apoio marítimo. Mesmo que seu custo inicial seja elevado, seus benefícios são de extrema utilidade.

4.2 Sistema de propulsão híbrido

Em navios de suporte a plataforma a capacidade total do motor deve ser dimensionada para atingir a velocidade de serviço solicitada pela embarcação, ou a capacidade de posicionamento dinâmico, nas piores situações meteorológicas possíveis. Como a maioria das novas embarcações *supply* são classificadas como DP 2, ou seja, com necessidade de redundância de seus equipamentos, a potência total instalada pode ser muito maior que a requerida para cargas médias.

O sistema conhecido como Híbrido é caracterizado como um sistema que apresenta mais de um meio de propulsão juntamente com equipamentos que armazenem grandes quantidades de energia. Foi uma forma escolhida por projetistas de aliar as melhores qualidades do diesel mecânico com o diesel elétrico, afim de com isso evitar o consumo excessivo de combustível em embarcações com perfis operacionais com atividades distintas, que exigem diferentes níveis de energia.

Este sistema se mostra uma alternativa bastante interessante para embarcações que possuam demanda de energia caracterizada por picos de pouca duração e longos períodos com rotação constante e pouca carga.

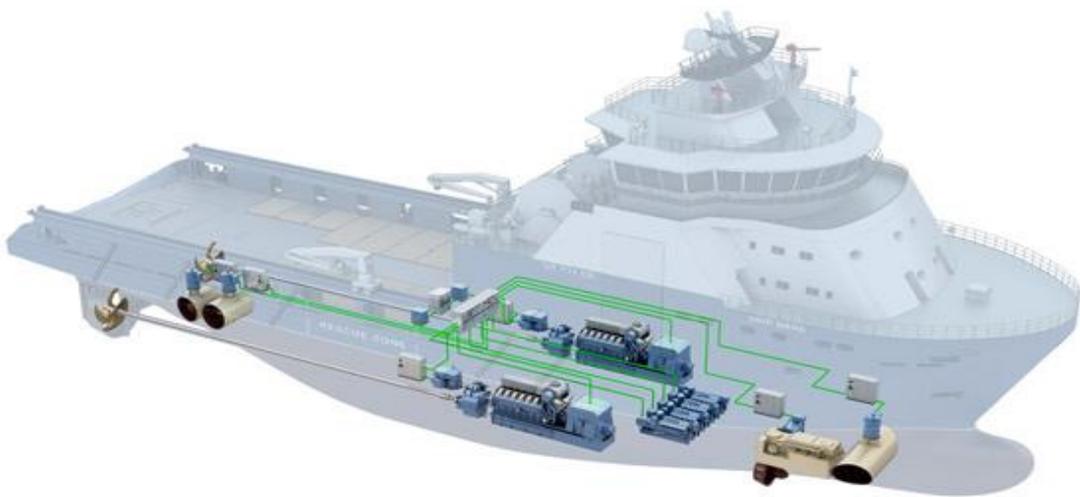
O sistema é composto pela parte mecânica, com motores diesel, caixas redutoras, geradores de eixo, pela parte elétrica, com motores elétricos, além de geradores auxiliares necessários pra suprir a demanda elétrica da embarcação com geradores de eixo.

Em princípio, a embarcação com Sistema Propulsivo Híbrido pode ser operada de três maneiras:

- Propulsão elétrica pura para manobras de baixa velocidade, trânsito e DP;
- Propulsão mecânica pura para operações de reboque e trânsito de alta velocidade;

- Propulsão elétrica e mecânica híbrida, onde equipamentos elétricos podem ser utilizados como um “reforço” para o sistema de propulsão mecânica no intuito de atingir os requisitos de tração estática.

Figura 19- Sistema de propulsão híbrido aplicado a um PSV



Fonte: <http://wartsila.com>

Em termos de custos de instalação, soluções híbridas são mais econômicas do que sistemas puramente elétricos. Inicialmente, a solução híbrida ganha mais na eficiência energética nas operações de carga baixa, devido à utilização de propulsores de velocidade variável e ao motor diesel ideal para essas operações, e ao mesmo tempo reduz as perdas de transmissão relativas ao sistema elétrico. Por essas razões, novos projetos de navios AHTS têm sido baseados em tais soluções híbridas, especialmente aqueles com alta capacidade de tração estática (*Bollard Pull*).

No entanto, o aumento da complexidade mecânica de tais sistemas híbridos faz com que a tripulação da embarcação deva ser mais ativa para selecionar manualmente o funcionamento ideal para os diferentes modos e condições verificando qual deve prevalecer.

4.3 Propulsão com LNG (Liquefied Natural Gas)

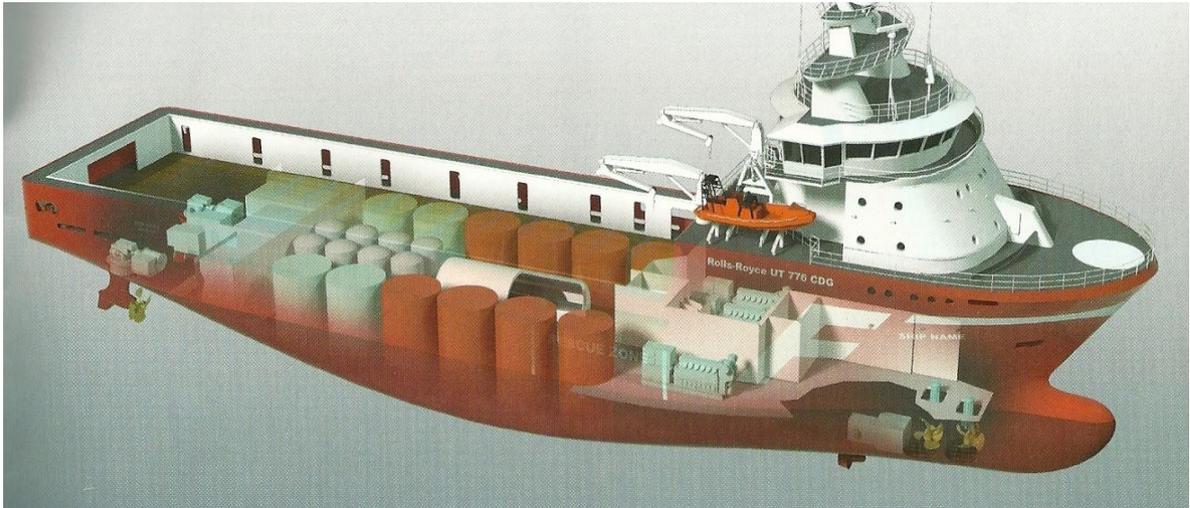
A tecnologia de propulsão LNG irá potencialmente ganhar enorme força no segmento de construção, devido a ter os custos de operação significativamente menores, levando a um menor custo de propriedade no ciclo de vida do navio. De acordo com uma recente pesquisa do *MEC intelligence*, uma empresa de visão de mercado que incide sobre o setor marítimo, cerca de 10.000 embarcações poderiam adotar a propulsão de GNL até 2020 em comparação com menos de 100 hoje.

A razão para esse crescimento é o regulamento da MARPOL sobre emissão de gases, requerendo a redução de óxidos de enxofre (SOx) e Óxido Nítrico (NOx) a 0,1 por cento em zonas de controle de emissões (ECAs) em 2015 e 0,5 por cento em todo o mundo até 2020.

O custo total de propriedade ao longo do ciclo de vida do navio para uma nova configuração de LNG na propulsão do navio (dependendo do tipo de embarcação e geografia) deverá ser de até 40% menor quando comparada com a de um óleo combustível e de navios com propulsão MGO. O baixo custo é atribuído à abundante disponibilidade e preços competitivos de GNL em comparação com o bunker. Mesmo assim, o aumento do preço do GNL com o aumento na demanda de gás natural no setor de energia, não é susceptível de ser significativo, considerando-se os novos suprimentos de reservas de gás não convencionais. Além disso, considerando a frequência de mais de 25 anos de ciclo de vida dos navios, a adoção de GNL faz do navio, essencialmente, à prova de futuro, em termos de reduções de emissões adicionais de regulamentação em SOx, NOx e materiais particulados, que vêm pela frente.

O LNG é armazenado a bordo em estado líquido dentro de um tanque pressurizado que, por segurança, fica no centro da praça de máquinas, evitando assim riscos de com colisão. Importante ressaltar que o tanque pressurizado é anti-chamas e anti-explosão. O LNG armazenado é aquecido em um evaporador, para ser finalmente utilizado depois nos motores.

Figura 20- Planta de um PSV que utiliza LNG



Fonte: <http://www.rolls-royce.com/>

Nos primeiros projetos de instalação dos tanques pressurizadores, havia perda de espaço para tanques de carga, devido à necessidade de localização do tanque de armazenamento do LNG ser no centro da embarcação. No entanto, essa questão já vem sendo resolvida com os novos desenhos das embarcações, que compensa o espaço perdido para o tanque de LNG.

5 PROPULSORES

A função de um propulsor é gerar uma força propulsiva (*thrust*), que surge da variação da quantidade de movimento do fluido. Ou seja, o propulsor exerce uma força sobre o fluido e o fluido exerce uma força de reação de mesma magnitude e direção contrária sobre o propulsor, e assim dando movimento ao navio.

Toda embarcação *offshore* necessita de um propulsor adequado para a operação que a mesma irá executar. Tais embarcações de apoio marítimo exigem uma alta capacidade de manobra e ainda a necessidade de se manter estáveis frente a qualquer condição ambiental.

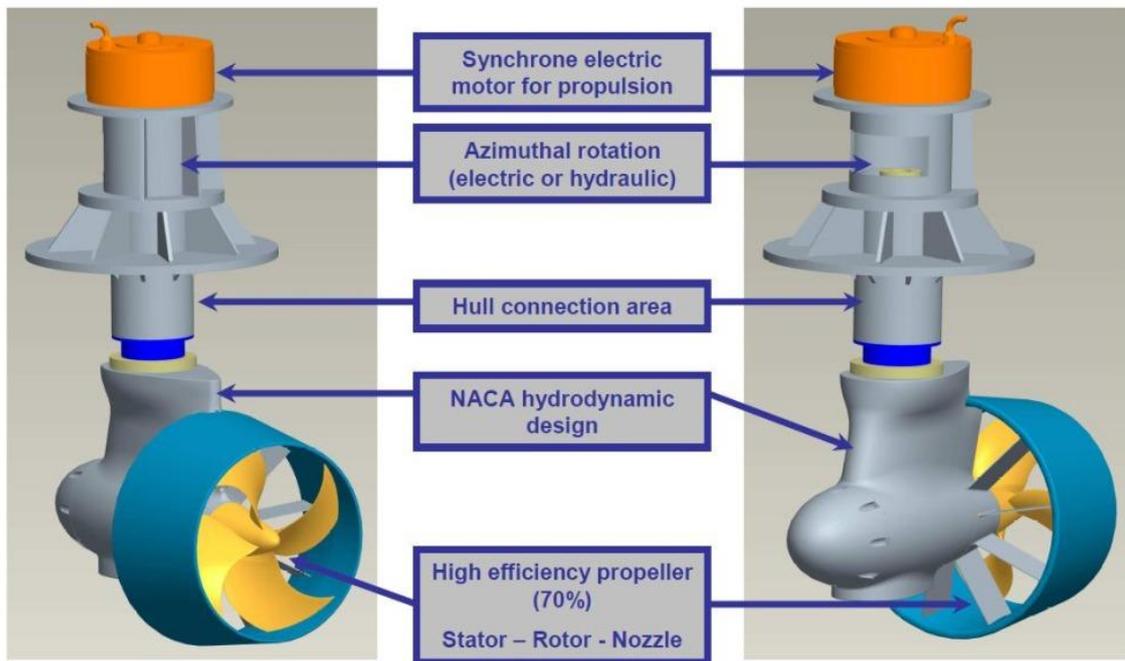
A seguir serão apresentados os tipos de propulsores mais empregados nas embarcações de apoio marítimo.

5.1 Propulsores azimutais

O Azimuth thruster é um *thruster* que pode ser retrátil, rebatível, ou fixo quando usado para propulsão. São propulsores especiais que giram em torno de um eixo vertical com amplitude de 360 graus. Seu princípio é a substituição do hélice com eixo fixo, que produz uma força sempre na direção longitudinal, por um propulsor que pode mudar o sentido de sua corrente de descarga dirigindo sua força para qualquer ponto do azimute da embarcação.

Sua principal característica é a combinação entre a unidade de propulsão e o sistema de governo. O leme então se faz desnecessário e a potência do motor é convertida em empuxo otimizado. Através do controle de 360° do propulsor azimutal, toda a força de propulsão fica disponível para a realização da manobra.

Figura 21 - Descrição de um propulsor azimuthal



Fonte: www.masson-marine.com

Principais vantagens da propulsão azimuthal:

- Eliminação de Mancais de sustentação e escora;
- Redução da manutenção e seus gastos associados;
- Menor emissão de ruídos durante a viagem;
- Excelente manobrabilidade e desempenho hidrodinâmico, mesmo em severos ambientes antárticos e *offshore*;
- Aumento na vida útil da embarcação.

5.2 Propulsor azimuthal com duplo hélice

É uma evolução do hélice de passo variável em conjunto com o sistema azimuthal. Esse modelo é conhecido como SCHOTTEL twin-propeller (STP). Seu funcionamento é através de dois hélices montados num mesmo eixo girando na mesma direção e aletas direcionais ao propulsor. O sincronismo ideal dos hélices e do tubo de governo com aletas integradas proporcionam um aumento significativo da eficiência se comparados a unidades com apenas um hélice.

O STP é sucesso de otimização do completo sistema de propulsores azimuthais e assim ideal como sistema de propulsão para todas as embarcações de velocidade média com

aplicações que usam cargas de hélice mais elevadas. Isto acontece por causa da tecnologia do duplo hélice que distribui a potência em dois hélices reduzindo a carga em cada hélice individual e aumentando desta forma a eficiência.

Figura 22- SCHOTTEL Twin Propeller



Fonte: <http://www.schottel.de/pt/propulsao-maritima/stp-twin-propeller/>

O STP funciona com um hélice frontal “Zugpropeller” e um hélice de pressão. Eles estão dispostos de tal maneira que a esteira de turbulência do hélice frontal passa por entre as pás do hélice de pressão posterior, sem obstruí-lo. Como ocorre a contração do jato propulsor no hélice frontal, água adicional atinge lateralmente o hélice de pressão proporcionando um aumento da potência. Além disso, o eixo do propulsor é hidrodinamicamente otimizado e equipado com um sistema de difusor integrado (aletas). Desta forma o movimento de rotação produzido pelo fluxo do hélice é recuperado, aumentando assim o grau de potência. Ademais, o fluxo do sistema de aletas é um componente da força de impulso na direção avante, que atua também elevando o impulso. Os níveis de ruído e vibração serão reduzidos consideravelmente.

5.3 Propulsor azimuthal contra-rotativo

Esse sistema utiliza uma segunda hélice que gira no sentido contrário à hélice principal para aproveitar a energia cinética perdida no movimento circular do escoamento. A contra-rotação é também uma maneira de aumentar a potência sem aumentar o diâmetro da hélice e anular o efeito de torque nos motores de alta potência assim como os efeitos de precessão giroscópica. Este propulsor apresenta a mesma capacidade de girar em 360° agregando as características dos hélices contra-rotativos e apresenta melhor eficiência na propulsão.

Figura 23- Propulsor azimuthal com hélices contra-rotativas da Rolls-Royce.



Fonte: <http://www.rolls-royce.com/>

Principais vantagens:

-Hélices contra rotativas reduzem as perdas rotacionais, não produzem forças laterais e minimizam a cavitação.

- A área aumentada das pás permite a utilização de relações de engrenagem maiores.
- Mais energia pode ser transmitida para um dado raio de hélice.
- A eficiência da hélice é normalmente aumentada.

Principais desvantagens:

- A instalação mecânica de eixos coaxiais de contra rotação é complicada, cara e requer mais manutenção.
- Os ganhos hidrodinâmicos são parcialmente reduzidos em perdas mecânicas nos eixos.

5.3 Propulsor Azipod®

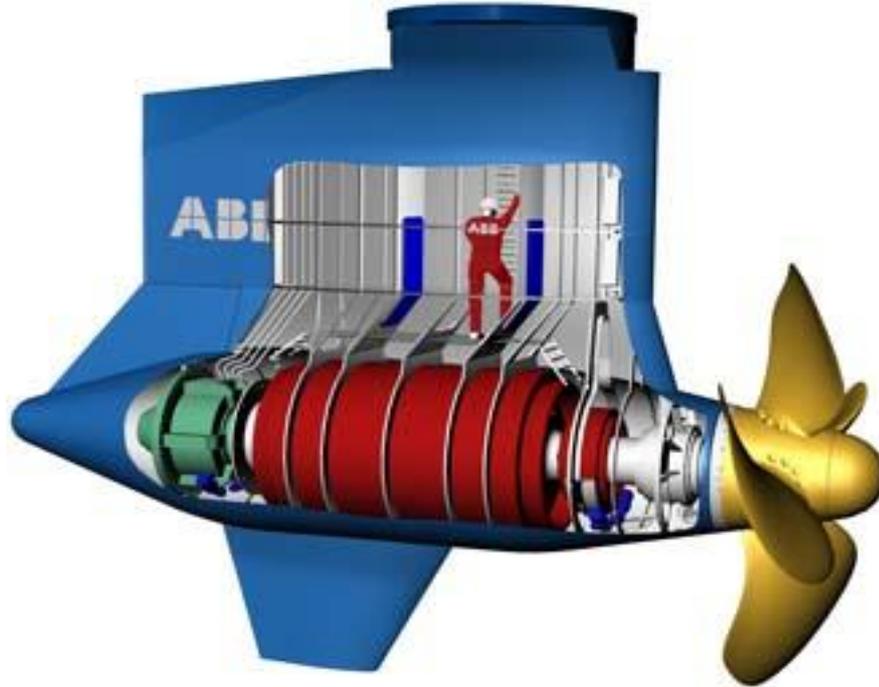
Azipod® é marca registrada da ABB, termo que significa pod + Azimuth. “pod” é devido ao formato do *thruster* e “AZI” de azimuth por conta da capacidade de giro de 360 graus.

É uma unidade de propulsão elétrica onde a velocidade variável de motor elétrico de condução do hélice de passo fixo é em *pod* (casulo) submerso fora do casco do navio, e pode ser girado em torno de seu eixo vertical para dar o impulso de propulsão livremente para qualquer direção.

No arranjo *azipod*®, os sistemas de propulsão e de manobra são combinados e fabricados em uma única peça. O sistema consiste de um hélice o qual é manobrado por um motor elétrico e girado pelo leme que é conectado ao sistema.

O motor é localizado dentro do casulo selado e é conectado ao impelidor. O sistema de selagem deve ser perfeito, caso contrário pode danificar o motor integralmente. O motor utilizado para este sistema é um motor elétrico de frequência variável e usando esta frequência, a velocidade rotacional do impelidor pode ser controlada, ou seja, a velocidade pode ser aumentada ou diminuída.

Figura 24 - Propulsor azipod da ABB



Fonte: www.hightechfinland.com

O termo POD vem de Propulsion with Outboard Electric motor (Propulsão com motor elétrico externo). O conjunto completo do sistema azipod é localizado na parte externa do casco na popa do navio.

Principais vantagens do sistema Azipod®:

Economiza-se muito espaço na praça de máquinas já que não existem motores, impelidores, eixos e outros arranjos. O espaço economizado pode ser utilizado para mais carga no navio;

O uso de impelidores laterais (bow thruster, stern thruster) pode ser eliminado já que os pods podem prover tais esforços laterais;

Capacidade de manobra significativamente melhor que os sistemas de leme convencionais, pois o próprio propulsor pode girar em torno do seu eixo, dispensando o uso de leme;

Excelente capacidade de reversão durante a navegação à ré e melhor reposta no caso de desaceleração;

Baixo consumo de combustível, acarretando em baixas emissões de CO₂;

Vibrações e barulho menores do que no sistema convencional;

Apresentam alta performance em operações no gelo.

Principais desvantagens do sistema Azipod®:

Esse tipo de propulsão requer um custo inicial elevado;

Há uma limitação da potência produzida pelo motor. Atualmente as potências mais elevadas disponíveis estão na faixa dos 21 MW;

Um grande número de motores a diesel é necessário para a produção de energia;

Não pode ser instalado em grandes navios com grandes capacidades de carga os quais necessitam de muita potência e grandes motores.

5.5 Tubo KORT®

Desenvolvido na década de 30 pelo alemão Ludwig Kort, consiste em tubos fixos que envolvem o hélice, organizando o fluxo de descarga, aumentando a aceleração da água e possibilitando um ganho na tração a vante de até 30%. São utilizados principalmente em rebocadores e barcos de apoio. Necessitam de lemes, com flaps opcionais.

Originalmente foi desenvolvido para evitar o assoreamento de rios com pequenas profundidades e proteger o hélice de troncos e outros objetos. Mais tarde foram observadas outras características positivas no uso do tubo kort, entre elas a diminuição das perdas nas extremidades das pás dos hélices devido à porção de água que escapa do lado de alta pressão da lâmina para o lado baixa pressão.

Figura 25 - Propulsor tubo Kort em uma embarcação



Fonte: www.kortpropulsion.com

Com o navio em altas velocidades a resistência ao avanço do tubo pode anular os benefícios do aumento de propulsão.

Com a utilização de tubos Kort, são obtidos consideráveis ganhos no empuxo e economia de combustível. Um rebocador com tubo Kort pode ter um aumento de até 40% de *bollard pull* em relação a outro com hélice convencional. Além destes benefícios, o tubo Kort também proporciona maior velocidade final e proteção da hélice contra impactos.

5.6 Tunnel Thrusters

Consistem em túneis localizados na proa ou na popa da embarcação abaixo da linha d'água (bow thrusters e Stern thrusters respectivamente), composto de motor e hélice, que auxilia na manobra, proporcionando impulsos laterais que facilitam a atracação/desatracação nos portos e as manobras durante operações com plataformas de petróleo. Inicialmente os *Thrusters* eram acionados por motores diesel, porém atualmente utilizam motores elétricos.

Proporciona controle preciso a baixas velocidades em pontes e canais estreitos e rasos, por isso são utilizados em todo o mundo em operações que necessitam de navios com manobras precisas. Outra vantagem é a possibilidade de manutenção sem a necessidade de docagem em dique seco.

Inicialmente utilizado na proa de barcos e rebocadores, estes dispositivos de controle versátil logo se tornaram populares em barcos de serviço *offshore* de petróleo e maiores embarcações de alto-mar. Eles permitem manobras sem ajuda ao lado de navios e plataformas e fornecem controle preciso em baixa velocidade através de eclusas, canais estreitos e pontes.

Há dois tipos de propulsores transversais, com hélices de passo fixo ou hélices de passo controlável, para potências de até 1400 kW.

Figura 26 - Tunnel Thruster



Fonte: <http://www.jastram.net/>

Principais Vantagens:

-Devido a sua dimensão relativamente pequena, ele pode ser instalado em um navio com proa fina e pode ser localizado na posição ideal para momento de giro máximo;

-Revisão completa, manutenção e remoção do mecanismo são muitas vezes realizadas sem a necessidade de docagem em dique-seco e pode ser encontrado tanto na vertical quanto na horizontal;

-A forma de alimentação pode ser de um motor diesel, turbinas a gás, motor elétrico ou motor hidráulico.

Principais Desvantagens

-Propulsores de proa (bow thrusters) são normalmente operados apenas por períodos limitados durante a atracação e manobras;

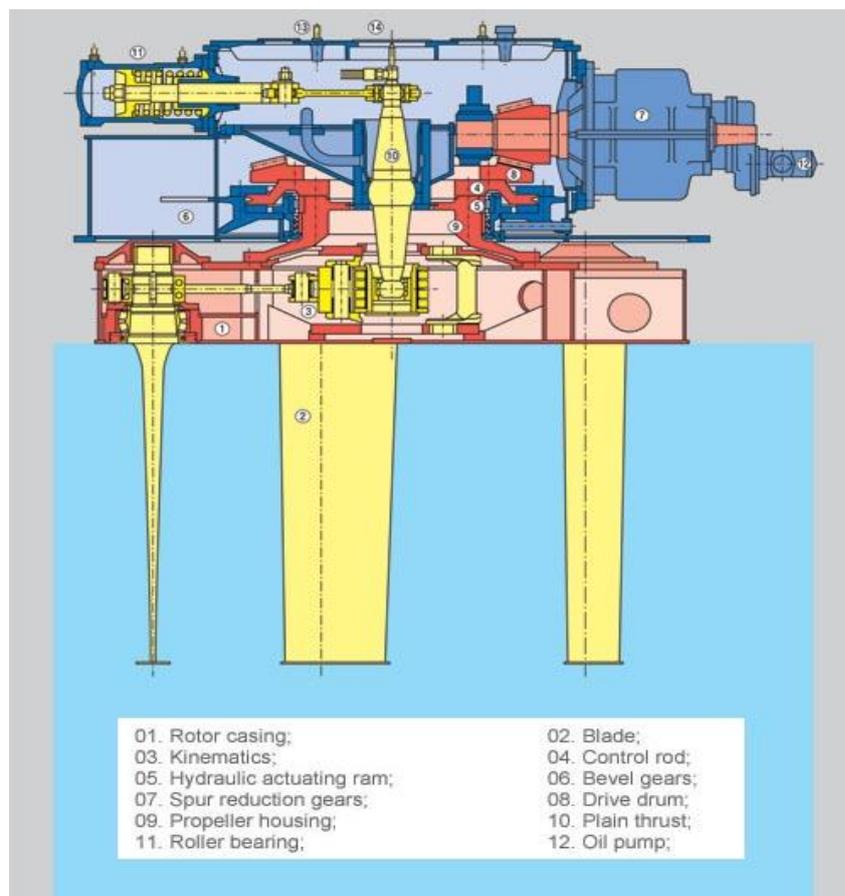
-Sistemas propulsores de túnel, no entanto, sofrem de certo número de inconvenientes e limitações que são inerentes ao fluxo de água. O impulso que pode ser gerado pela hélice, e a interação entre a água e os limites do túnel que apresenta uma resistência ao fluxo

significativamente maior em comparação com um hélice atuando numa região de fluxo aberto, os quais resultam em eficiência reduzida. Os efeitos do túnel nas características de fluxo de água, também muitas vezes resultam na geração de elevados níveis de ruído devido à cavitação de hélice.

5.6 Propulsor VOITH SCHNEIDER®

É um sistema de propulsão cicloidal, que consiste em um conjunto de lâminas verticais móveis instalados em uma base circular rotativa no fundo do casco da embarcação. Essa base circular gira em velocidade constante e baixa, com a força de propulsão sendo produzida pela variação do ângulo das lâminas verticais, como em um hélice de passo controlado, sendo que no Voith Schneider Propeller (VSP) a força criada é no sentido transversal ao posicionamento das lâminas, ou seja, transversal à força exercida.

Figura 27- Principais componentes do sistema VSP



Fonte: http://www.gridgit.com/post_diagram-speed-boat-drawing_254774/

O princípio básico do sistema de propulsão Voith Schneider é controlar o ângulo de ataque dos hidrofólios do propulsor, proporcionando assim uma alta capacidade de direcionar o *thrust* de forma rápida e precisa o que torna o sistema uma opção eficiente e inovador para navios que têm altas exigências de desempenho de posicionamento dinâmico.

Um rebocador equipado com propulsores VSP se destaca pela sua rapidez, a segurança e a precisão com que ele controla uma enorme embarcação.

Esses movimentos são possíveis devido a um sistema inteligente que combina propulsão e manobrabilidade em um único equipamento. Este é o segredo desses propulsores que são reconhecidos por proporcionarem manobras em todas as direções, e estão presentes em diversos tipos de embarcação como: rebocadores, ferry boats, embarcações de passageiros, guindastes flutuantes (cábreas), embarcações militares caça-minas, lançadores de boias sinalizadoras, barcos de apoio a plataformas (PSV), entre outros.

Para a aplicação específica em PSVs (Plataform Supply Vessels) e embarcações *offshore* equipadas com VSP, a Voith Turbo desenvolveu a tecnologia para atenuar o efeito lateral das ondas nas embarcações que operam em mares não abrigados (roll damping). A atenuação do efeito do “ângulo roll” é obtida graças à rapidez de resposta do *Voith Schneider® Propeller*, que permite criar forças que agem contra o movimento de ondulação. Como resultado, o balanço é eficientemente reduzido durante a navegação e também nas operações que exijam posicionamento dinâmico (DP).

Principais vantagens:

A rotação do motor e, conseqüentemente, das pás é mantida constante durante as manobras;

Proporciona imediata resposta ao comando;

Dispensa o uso do leme;

Rapidez na transição de direção e intensidade do empuxo; e

Torna a embarcação mais estável.

Principal desvantagem:

Necessita de um maior calado em virtude das pás do propulsor, dessa forma torna-se impossível de operar em águas muito rasas.

6 SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO

Sistema de Posicionamento Dinâmico pode ser definido como um sistema que controla automaticamente a embarcação, mantendo sua posição e aproamento exclusivamente por acionamento dos propulsores.

Os sistemas de ancoragem tinham seus pontos fracos como a elasticidade das amarras, movimentos das ondas, vento, correnteza e etc. Além disso, perfuração a grandes profundidades exigia uma grande quantidade de equipamentos, como âncoras, guinchos e amarras. Estes equipamentos reduziam significativamente a capacidade de manobra da embarcação.

Para superar as dificuldades impostas pela profundidade de trabalho cada vez maior, foi necessário se desenvolver um sistema que permitisse às embarcações manter seu posicionamento seguro e estável, por longos períodos e permitir mudanças de posição rápidas e precisas, sem depender de apoio externo.

A chave para esse problema foi o sistema de Posicionamento Dinâmico. Um sistema capaz de operar sem a necessidade de ligação física com o fundo do mar, mantendo uma posição fixa, reduzindo o tempo de entrada em operação da unidade e eliminando totalmente a necessidade de utilização de embarcações de apoio para reboque e ancoragem.

6.1 Princípio básico

Um sistema de posicionamento dinâmico consiste basicamente das seguintes partes:

- Unidade de controle com computador
- *Thrusters*
- Geradores
- Sistemas de referência
- Sensores
- Instrumentos / painel – interface homem / máquina
- Operadores

UNIDADE DE CONTROLE

Recebe as informações dos sensores, sistemas de referência, *thrusters* e painel de controle, processa essas informações e as usa para calcular a potência necessária para manter a posição e o aproamento do navio e em que direção essa potência deve ser aplicada. O resultado desse cálculo é então convertido em sinais que são enviados aos respectivos *thrusters* e mostrados no painel de controle.

SENSORES

Os sensores enviam para a Unidade de Controle informações que são usadas para cálculo, junto com as informações do sistema de referências.

- Anemômetro – envia para a unidade de controle as informações de intensidade e direção do vento.
- Agulha Giroscópica – envia para a unidade de controle a informação de aproamento da embarcação.
- VRS (Vertical Reference Sensor) – envia para a unidade de controle as informações de caturro e balanço da embarcação.
- MRU (Motion Reference Unit) – é um tipo mais sofisticado de VRS, que informa também o movimento de arfagem do navio, apesar de não controla-lo.

SISTEMAS DE REFERÊNCIA

Sistemas de referência podem ser baseados em sinais de rádio (Artemis), sinais de satélite (DGPS) ou sinais mecânicos (Taut Wire), os quais enviam para a Unidade de Controle informações da posição da embarcação, sejam elas geográficas ou em relação a uma posição de referência fornecida (ou movimento a partir dela). A Unidade de Controle usa essas informações em seus cálculos, o que lhe permite colocar o navio em um sistema de coordenadas com posição, posição desejada e proa desejada, direção e velocidade.

DGPS

Sistema baseado em sinais de satélite de posicionamento. O erro do sistema GPS é minimizado utilizando-se uma correção recebida simultaneamente, via rádio, de uma estação fixa com coordenadas conhecidas. Essa correção é adicionada automaticamente ao sinal recebido pelo satélite, corrigindo-o, e eliminando qualquer erro do sinal enviado pelo satélite.

É o sistema mais utilizado atualmente.

ARTEMIS

Sistema baseado em sinais de rádio (microondas). Transmitidos por uma estação montada na embarcação para um receptor/transmissor instalado nas proximidades da embarcação, com coordenadas conhecidas.

HYDROACOUSTIC POSITIONING REFERENCE

Sistema baseado na comunicação entre transponders posicionados no leito marinho e um transdutor localizado no casco da embarcação. Essa comunicação é feita através de sinais acústicos emitidos pelos transponders e captados pelo transdutor. A posição dos transponders é constantemente checada, denunciando qualquer movimentação da embarcação.

FANBEAM

Sistema baseado em um canhão de laser que projeta um raio luminoso em um refletor, instalado em um ponto conhecido (ex. Convés da plataforma). Através da alteração do ângulo de incidência desse feixe de luz, o sistema calcula os deslocamentos da embarcação e os corrige. Entretanto tem a limitação de ser utilizável apenas nas proximidades do local onde o refletor está instalado.

Figura 28- Sistemas de Referência e Sensores



Fonte: <http://www.maritimesupport.nl/dp-support/>

THRUSTERS

São os propulsores responsáveis pela movimentação da embarcação em todas as direções, eles recebem sinal da Unidade de Controle com informações da quantidade da força a ser utilizada e sua direção. Após executar o comando, retornam o sinal para a unidade de controle (*feedback*).

GERADORES

O computador, painel, sensores, sistemas de referências e *thrusters*, necessitam de energia elétrica, além disso, a embarcação deve possuir uma UPS (Uninterrupted Power Supply). A UPS é responsável por manter todos os sistemas vitais para o DP em funcionamento (Unidade de Controle, o painel de operações, os sensores e os sistemas de referência) mesmo em caso de black-out.

PAINEL DE OPERAÇÃO

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

OPERADOR

É a parte mais importante do sistema. É o operador quem decide como o sistema deve operar e o que fazer. É uma peça fundamental do sistema, já que ele controla todos os dados e informações fornecidas e recebidas pela Unidade de Controle e com isso, determina as melhores condições de funcionamento, minimizando o esforço da embarcação em manter seu posicionamento. A preparação de um Operador de Posicionamento Dinâmico passa por várias fases, tais como cursos e treinamentos práticos a bordo.

A certificação dos Operadores de DP é centralizada no Instituto Náutico de Londres, que traça diretrizes para a formação e treinamento desse pessoal. A experiência e tempo de operação do sistema são fundamentais no preparo desses operadores.

Principais vantagens do sistema DP:

- Não é necessária a presença de rebocadores para mudança de locação;
- A embarcação é totalmente manobrável;
- Rápidas respostas às variações climáticas e exigências operacionais; e
- Versatilidade e Operacionalidade.

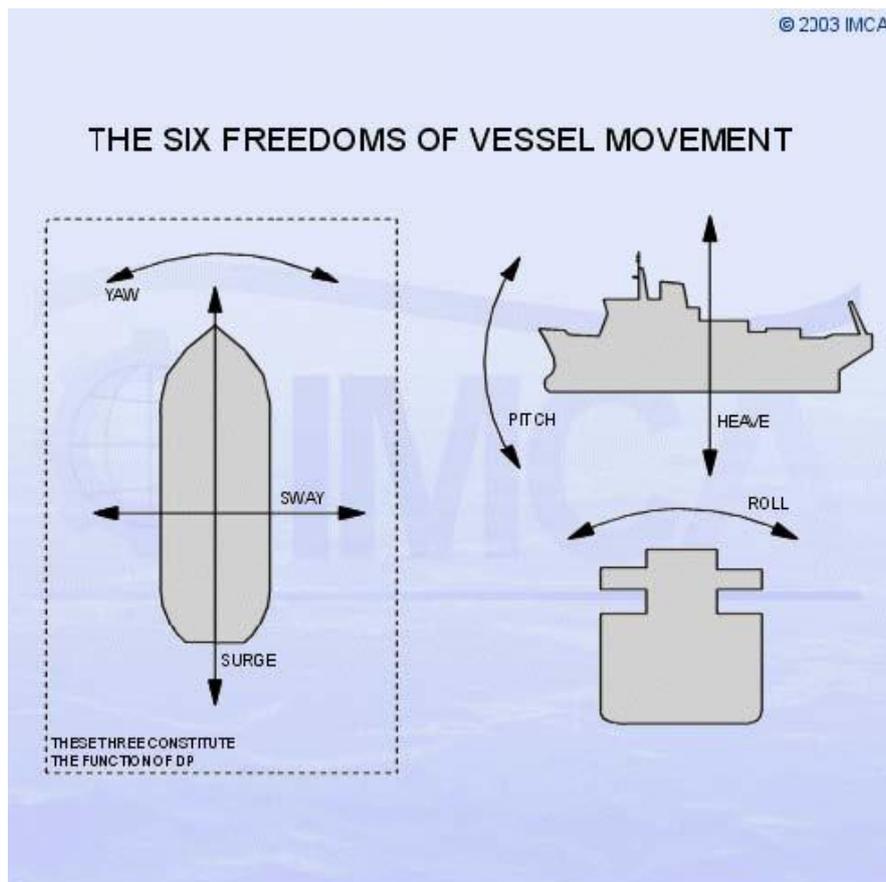
Principais desvantagens do sistema DP:

- Pode haver perda de posição devido à falha de equipamentos;
- Custo mais elevado que as embarcações convencionais;
- Alto consumo de combustível;
- Ameaça aos ROVs e Mergulhadores; e
- Exige mais pessoal para operação e manutenção do sistema.

Apesar das desvantagens, o sistema DP ainda é o mais viável, pois o risco de danificar os equipamentos instalados no solo oceânico é bem menor em relação a outros sistemas.

MOVIMENTOS DE UMA UNIDADE FLUTUANTE

Figura 29- Movimentos de uma unidade flutuante



Fonte: <http://www.shipseducation.com/info/offshore/dynamic-position-2.html>

As forças que agem em unidades flutuantes são o vento, a correnteza e as ondas. Os esforços resultantes da sua combinação acarretam seis tipos de movimentos:

Translação – *Surge, Sway e Heave*.

Rotação – *Pitch, Roll e Yaw*.

O sistema DP controla diretamente apenas três deles, todos em relação ao ponto horizontal: *Surge* ou avanço (X); *Sway* ou deriva (Y) e *Yaw* ou aproamento (N).

6.2 Modos Operacionais

A embarcação pode ser controlada de diversas maneiras diferentes, de acordo com a necessidade de cada operação:

Manual / joystick – controla a embarcação manualmente

Auto-position – mantém o sistema na posição desejada

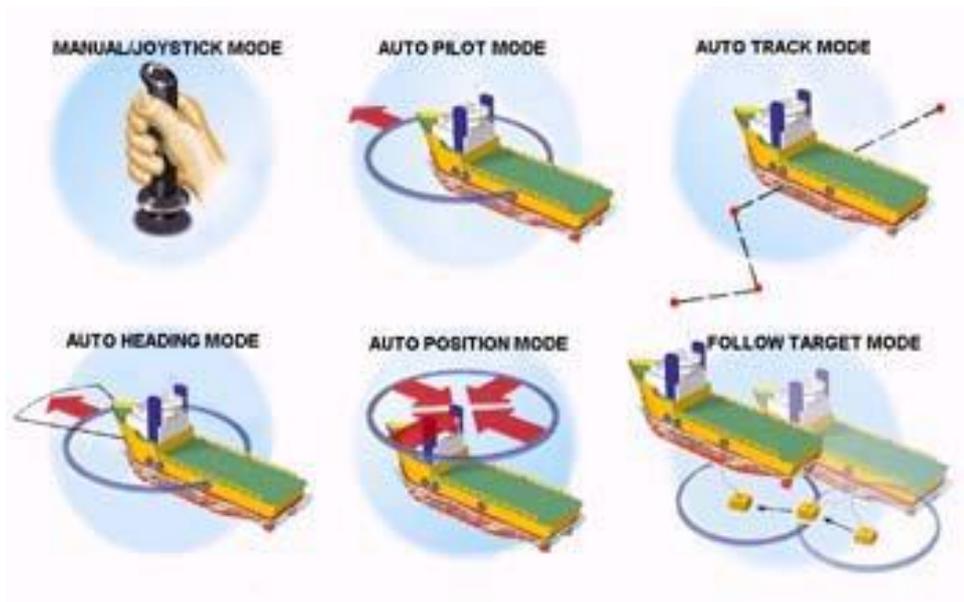
Auto-heading – mantém o sistema numa proa desejada

Auto-tracking – faz com que a embarcação siga pontos pré-determinados

Auto-pilot – habilita a embarcação a seguir um rumo automaticamente

Follow Target – habilita a embarcação a seguir um alvo automaticamente

Figura 30- Modos de operação



Fonte: www.maritimesupport.nl/

6.3 Classes de Sistemas de Posicionamento Dinâmico

De acordo com a Organização Marítima Interacional, existem três classes de sistemas de posicionamento dinâmico:

DP CLASSE 1

Sistema Classe 1 – Pode haver perda de posição com a falha de um único equipamento.

Nesse sistema ocorre o Controle automático da proa;

Controle automático da posição;

Sem redundância completa podendo sair de posição com qualquer falha simples.

São instalados em embarcações *Supply* e outros navios aonde uma perda de posição não vai necessariamente colocar em risco vidas humanas ou gerar danos ambientais.

DP CLASSE 2

Sistema Classe 2 – Não pode ocorrer perda de posição devido a falha única de componentes como geradores, *thrusters* e quadro elétrico.

Controle automático da proa;

Controle automático da posição;

Completa redundância incluindo *thruster* e força, mas está sujeito a mau funcionamento em caso de falha em algum componente estático como cabos e tubulações.

Embarcações de mergulho devem ser DP classe 2.

DP CLASSE 3

Sistema Classe 3 – Não pode ocorrer perda de posição por uma falha única, incluindo fogo em uma subdivisão elétrica ou alagamento de compartimento. “Falha única” inclui um simples ato inadvertido por qualquer pessoa a bordo.

Controle automático da proa;

Controle automático da posição;

Tripla redundância incluindo: *thrusters*, força, incêndio e alagamento;

Possui uma estação de controle reserva em outro compartimento estanque em caso de alagamento ou qualquer outro incidente no compartimento onde se localiza a primeira e também um sistema de proteção contra fogo;

Navios sonda e outras embarcações em que o risco de acidentes possa por em risco a vida humana ou causar grandes danos ambientais, são construídos com DP classe 3.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de novas tecnologias para as embarcações de apoio marítimo se dá constantemente. As embarcações *offshore* vêm marcando presença no Brasil e no mundo desde as primeiras prospecções, sendo indispensáveis à extração de óleo de nossas reservas submarinas. Chegamos hoje a um extraordinário nível de eficiência, graças a grande variedade e aos diferentes tipos de embarcações de apoio destinadas a operações específicas, à incorporação de novas técnicas e sistemas, como o posicionamento dinâmico, aos novos projetos no casco das embarcações, como a tecnologia *x-bow* e *Twinbow*, trazendo vantagens quanto ao impacto na proa e redução da vibração; às altas tecnologias utilizadas na propulsão, como o sistema diesel-elétrico, que já é implementado na grande maioria das embarcações *offshore*, gerando uma considerável diminuição no tamanho da praça de máquinas; e os novos tipos de propulsores utilizados em embarcações de apoio, que diferem dos outros tipos de embarcações em função da necessidade de alta capacidade de manobra, como os propulsores azimutais e o *Voith Schneider*, aos quais foram exibidos nesse trabalho.

O mercado *offshore* ainda trouxe um crescente aprimoramento dos serviços e constante treinamento de pessoal especializado, a fim de manusear e operar os diversos equipamentos e sistemas nas embarcações e plataformas de petróleo, que tem sido mais desafiador em virtude da exploração em águas cada vez mais profundas, trazendo um grande risco para os trabalhadores e para o meio ambiente marinho, resultando em acentuado grau de aperfeiçoamento. Devido às maiores demandas para lidar com as novas tecnologias e ainda aos impactos causados ao meio ambiente, o alto investimento requisitado é tido como uma consequência natural desta evolução, assim como a revisão das operações executadas pelas embarcações de apoio marítimo.

REFERÊNCIAS

ABB. **Azipod gearless propulsors**. Disponível em: < <http://new.abb.com/marine/systems-and-solutions/electric-propulsion/azipod>> Acesso em: 22 jun. 2016.

AN INNOVATIVE PROPULSION SYSTEM. Disponível em: <http://www.masson-marine.com/en/azimuthal-thrusters_04.html>. Acesso em: 15 Jun. 2016.

DYNAMIC POSITIONING SUPPORT. 2016. Disponível em: <<http://www.maritimesupport.nl/dp-support/>> Acesso em: 17 jul. 2016

EMBARCAÇÕES DE APOIO A EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS. Disponível em: <<http://mapeamento.saviesa.org.br/biblioteca/Livro%20Embarcacoes%20de%20Apoio%20a%20Exploracao%20de%20Petroleo%20e%20Gas.pdf>>. Acesso em: 7 Jun. 2016.

ENGENHARIA DE INSTALAÇÕES NO MAR. Disponível em: <<http://engenhariaoffshore.blogspot.com.br/2013/07/pessoalpara-comecar-publicar-eu-decidi.html>>. Acesso em: 22 Jun. 2016.

FARSTAD SHIPPING. Disponível em: <<https://www.farstad.com/>>. Acesso em: 13 Jul. 2016.

FLEET AND FACILITIES. Disponível em: <<http://www.subsea7.com/en/what-we-do/fleet---facilities.html>>. Acesso em: 19 Jun. 2016.

Latarche, Malcolm. Novel TwinBow hullform could make debut soon. **Offshore support journal**, Reino Unido, v. 17, n. 10, p. 71, dez 2014.

MULTI PURPOSE VESSEL. Disponível em: <<http://products.damen.com/en/ranges/multi-purpose-vessel/multi-purpose-vessel-8316>>. Acesso em: 2 Jun. 2016

OFFSHORE DEVELOPMENT. 2015. Disponível em: < <http://www.wartsila.com/search-results?indexCatalogue=global&searchQuery=offshore&wordsMode=0> >. Acesso em 18 Ago. 2016.

OFFSHORE SUPPLY VESSELS EQUIPPED WITH VOITH SCHNEIDER PROPELLERS

Disponível em:

<<http://www.dieselduck.info/machine/02%20propulsion/2006%20VSP%20in%20OSV.pdf>>.

Acesso em: 5 Jun. 2016.

PESQUISA SÍSMICA DOS POÇOS DE PETRÓLEO. Disponível em:

<<http://petroleo21.blogspot.com.br/2013/09/pesquisa-sismica-dos-pocos-de-petroleo.html>>.

Acesso em: 2 Jun. 2016

RESEARCH CENTRE FOR GAS INNOVATION. **Pesquisadores estudam sistemas híbridos de geração de energia em embarcações.** Disponível em:

<<http://www.rcgi.poli.usp.br/news/?p=303>>. Acesso em: 4 Ago. 2016.

ROLLS-ROYCE. 2016. Disponível em:

<http://www.rolls-royce.com/marine/products/ship_design/offshore_vessels/index.jsp>. Acesso em 17 jun. 2016

RUDDERPROPELLERS. Disponível em:

<<http://www.schravenbv.com/nl/rudderpropeller/producten/roerpropellers/rolls-royce-aquamaster/aquamaster-roerpropeller-us105crp/>>. Acesso em: 15 Ago. 2016

SHAW, Jim. **Propulsion: Is LNG the Future?** Seattle, Vol 31, n. 5, 1 Maio 2013.

Disponível em: <http://www.pacmar.com/story/2013/05/01/features/propulsion-is-lng-the-future/152.html>>. Acesso em: 4 Ago. 2016.

SISTEMA PROPULSIVO E POSICIONAMENTO DINÂMICO. Disponível em:

<http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/atuais/LuizEduardo/relat1/sistpr op.htm>. Acesso em: 22 Jun. 2016.

SISTEMAS HÍBRIDOS DE ENERGIA EM EMBARCAÇÕES. Disponível em:

<<http://www.opetroleo.com.br/pesquisadores-estudam-sistemas-hibridos-de-geracao-de-energia-em-embarcacoes/>>. Acesso em: 10 Maio. 2016.

SOLSTAD OFFSHORE. Disponível em: <<https://solstad.no/fleet/>> Acesso em: 18 Maio. 2016.

TRANSPORTE MARÍTIMO. **Diesel versus LNG.** Disponível em: <<https://transportemaritimoglobal.com/2013/11/12/diesel-versus-lng/>>. Acesso em: 10 Maio. 2016.

UNIDADE PROPULSORA PARA QUALQUER APLICAÇÃO. Disponível em: <<https://www.schottel.de/pt/propulsao-maritima/srp-rudder-propeller/>>. Acesso em: 15 Ago. 2016.

WHAT IS A AZIPOD PROPULSION SYSTEM ON SHIP? Disponível em: <<http://www.marineinsight.com/marine-electrical/what-is-azipod-propulsion-system-on-ship/>>. Acesso em: 12 Jul. 2016

Wingrove, Martyn. Onwers selecting FiFi 2 and electric drives. **Offshore support journal**, Reino Unido, v. 17, n. 10, p. 51-52, dez 2014.