

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAIS DE MÁQUINAS - APMA

JOÃO REUS DE PINHO TEIXEIRA

**SISTEMAS PROPULSORES: diesel-elétrico, diesel mecânico e híbridos,
evolução no mundo naval *offshore***

RIO DE JANEIRO
2014

JOÃO REUS DE PINHO TEIXEIRA

**SISTEMAS PROPULSORES: diesel-elétrico, diesel mecânico e híbridos,
evolução no mundo naval *offshore***

Monografia apresentada ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Orientador: Msc. Luiz Otávio Ribeiro Carneiro.

**RIO DE JANEIRO
2014**

JOÃO REUS DE PINHO TEIXEIRA

**SISTEMAS PROPULSORES: diesel-elétrico, diesel mecânico e híbridos,
evolução no mundo naval *offshore***

Monografia apresentada ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Msc. Luiz Otávio Ribeiro Carneiro

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Dedico este trabalho a minha esposa Márcia que, como sempre, soube suportar e incentivar meus projetos e minha carreira, superando muitas vezes obstáculos que pareciam insuperáveis diante das circunstâncias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus Pai eterno todos os momentos e todo o conhecimento e sabedoria que fui capaz de absorver no percorrer deste meu desafio.

Agradeço a minha família que sempre soube suportar minhas ausências nos momentos mais adversos.

Agradeço a um amigo e irmão fraterno Alexandre Jorge Carneiro e sua família que me acolheu sendo sempre presente e prestativo durante a minha estadia no Rio de Janeiro para a realização deste curso.

Não poderia deixar de agradecer a 1º Ten. Raquel Apolaro pela sua contribuição didática e gentileza com que me orientou na execução deste trabalho.

Agradeço ao e orientador, Profº. Msc. Luiz Otávio a sua atenção e dedicação.

Por fim, agradeço a um amigo e mentor profissional Carlos Prado, a quem tenho admiração e respeito e que gentilmente cedeu algumas horas do seu precioso tempo para elucidar questões referentes a esse trabalho.

RESUMO

O concorrido mercado de apoio marítimo e indústria marítima tem elevado a cada ano suas exigências; cumprir com máxima fidelidade a conservação do meio ambiente e, economicamente reduzir seu custo pra que possa ser cada vez estar competitivo no mercado. Novos projetos aparecem dia após dia tentando saciar essa esfomeada indústria marítima. Num breve histórico veremos que algumas dessas novas tecnologias já existiam de forma tímida desde o início do século passado, porém, sem muita credibilidade, reaparecendo hoje com uma nova roupagem, dado pelo surgimento de novos componentes, matérias e novos conceitos da construção naval buscando suprir as solicitações do mercado. Conceitos de sistemas propulsores como diesel-elétrico, diesel mecânico e híbridos que eram de pouca relevância, agora são determinantes na escolha do tipo de propulsão. Veremos que propulsão elétrica vem se difundindo nos diversos setores da indústria marítima, mais não está só nesta disputa, o sistema de propulsão híbrido vem ganhando seu destaque e que o sistema diesel mecânico não é um sistema obsoleto e cheio de desvantagem. Por fim, será feito uma conclusão com opiniões e expectativas futuras desta tão dinâmica atividade naval e seus sistemas de propulsão no mundo e no Brasil.

Palavra-chave: Sistemas Propulsores. Diesel elétrico. Diesel mecânico. Sistemas Híbridos.

ABSTRACT

The competitive market for offshore support and marine industry has elevated every year your requirements ; comply with maximum fidelity to conserve the environment and economically reduce its cost to you can be ever be competitive. New projects appear day after day trying to satiate that ravenous maritime industry . A brief history we will see that some of these new technologies already existed in a shy way from the beginning of the last century , but without much credibility , reappearing today with a new look , given the emergence of new components , new materials and concepts shipbuilding seeking supply the market requests . Concepts of propellant systems such as diesel -electric , diesel mechanic and hybrids that were of little relevance , are now decisive in choosing the type of propulsion. We will see that electric propulsion has been disseminated in various sectors of the maritime industry , more is not alone in this dispute , the hybrid propulsion system is gaining its prominence and diesel mechanical system is not an obsolete and full handicap system. Finally , a conclusion will be made opinions and future expectations of this very dynamic activity and naval propulsion systems worldwide and in Brazil .

Keyword : Thrusters System. Diesel electric. Mechanical and diesel hybrids.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Embarcação Anchor Handling Tug Supply	11
Figura 2 -	Embarcação Platform Supply Vessel (PSV)	12
Figura 3 -	Embarcação Oil Spill Recovery Vessel (OSRV)	13
Figura 4 -	Representação gráfica do Sistema Propulsivo Diesel Mecânico	15
Figura 5 -	Motor Propulsor Diesel Mecânico	16
Figura 6 -	USS Juppiter	17
Figura 7 -	Quenn Elizabeth II	18
Figura 8 -	Planta do Propulsor Diesel-Elétrico	19
Figura 9 -	Sistema Propulsor Diesel Elétrico – Redutora acoplando dois Motores Eletricos	20
Figura 10 -	Sistema Propulsor Diesel-Elétrico acionando propulsores Azimutais	20
Figura 11 -	Tipo de sistema propulsivo	22
Figura 12 -	Representação do Sistema Propulsor Híbrido com propulsores auxiliares	22
Figura 13 -	Planta do Sistema Propulsivo Híbrido	23
Figura 14 -	Variações do Sistema de Propulsão Híbrido com quatro Motores Auxiliares	23
Figura 15 -	Variações do Sistema de Propulsão Híbrido com dois Motores Principais e Motor Auxiliar	24
Figura 16 -	Relação de Consumo e Potência entre Sistema Diesel Mecânico e Diesel Elétrico	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	EMBARCAÇÕES DE APOIO MARITIMO	11
2.1	Embarcações Anchor Handling Tug Supply (AHTS)	11
2.2	Embarcação Platform Supply Vessels (PSV)	11
2.3	Embarcação Oil Spill Recovery Vessel (OSRV)	12
3	SISTEMAS DE PROPULSÃO	14
3.1	Sistema Propulsão Diesel Mecânico	14
3.1.1	Histórico do Sistema de Propulsão Diesel Mecânico	14
3.1.2	Descrição do Sistema de Propulsão Diesel Mecânico	15
3.2	Sistema Propulsor Diesel- Elétrico	16
3.2.1	Histórico do Sistema de propulsão elétrica	16
3.2.2	Descrição do Sistema de propulsão elétrica	18
3.3	Sistema Propulsor Híbrido	20
3.3.1	Histórico do Sistema Propulsor Híbrido	21
3.3.2	Descrição do Sistema Propulsor Híbrido	21
4	COMPARAÇÕES ENTRE SISTEMAS PROPULSORES	25
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1 INTRODUÇÃO

O desafio de exploração de petróleo em águas profundas fez surgir no mundo a criação de novas tecnologias que viessem suprir suas necessidades “offshore”. Assim, as embarcações de Apoio Marítimo que são fundamentais na exploração de petróleo em alto mar, acompanhando essa nova dinâmica cada vez mais exigente em suas necessidades, fez surgir novos tipos de embarcações e com elas inovações nos sistemas propulsivos, diesel mecânicos, diesel-elétrico já conceituadas no mercado. A mais nova configuração envolvendo sistemas propulsores elétricos e mecânicos adaptados a essa tecnologias, são os chamados propulsores híbridos, visando uma redução de consumo de combustível, conseqüentemente uma redução do impacto ambiental, ampliando espaços, reduzindo.

No acirrado mercado brasileiro de prestação de serviços de Apoio Marítimo, devido a Petrobrás ser a principal concessionária licitadora destes serviços, os armadores buscam renovar suas frotas aliando às novas tecnologias as necessidades do seu cliente. Desta forma, o sistema de propulsão não é só o principal sistema que impulsiona a embarcação, mas sim um diferencial que podem definir uma estratégia de contratos locais e futuros além Brasil.

Os Sistemas de Propulsão Diesel-Elétrico, Diesel Mecânico e o Sistema de Propulsão Híbrido e os seus desenvolvimentos no meio marítimo e suas confiabilidades operacionais, vantagens e desvantagens dentro do acirrado mercado offshore é cada vez mais determinante no mercado, saber suas diferenças, níveis de operacionalidade e sua abrangência, dá subsídio para análises futuras de estratégia da empresa e de certa forma confiabilidade, comprometimento e segurança para aqueles que com elas operam.

Este trabalho tem como objetivo apresentar, avaliar e especificar estes novos Sistemas de Propulsão denominados conforme suas características e composições principais. Irá comparar seus desenvolvimentos no meio marítimo e suas confiabilidades operacionais, vantagens e desvantagens dentro do acirrado mercado offshore.

No Brasil, e acredito que no mundo, a definição e escolha do principal sistema de uma embarcação esta correlacionada com as atividades e emprego a que ela irá se dispor levando em consideração a região oceânica e tipo de atividades pré-estabelecido para sua construção. No Brasil, a principal concessionaria petrolífera, a Petrobrás, licitam seus contratos, que podem variar de cinco a dez anos, conforme suas necessidades operacionais. Seus novos contratos buscam uma excelência da frota de seus prestadores de serviço no que se trata maior capacidade e agilidade no menor custo operacional.

Então, como escolher o melhor tipo de propulsão levando em consideração o possível fim de contrato dessa embarcação e uma nova locação em outra região oceânica? Esse questionamento leva a uma outra questão de tamanha importância que diz a respeito a confiabilidade deste equipamento quanto a sua resistência ao longo deste tempo extremamente dinâmico a que será submetido.

2 EMBARCAÇÕES DE APOIO MARITIMOS

Para facilitar a compreensão e o desenvolvimento do trabalho será apresentado os tipos de embarcações comumente usados no Apoio Marítimo e a suas aplicações principais.

2.1 Embarcações Anchor Handling Tug Supply (AHTS)

A embarcação Anchor Handling Tug Supply (AHTS), embarcações destinadas a operar em movimentações de plataformas seja para reboque ou posicionamento, reboques oceânicos, manobras de ancoras, lançamentos e posicionamentos de boias de marcação dentre outros serviços. Pelo trabalho que exercem, seu poder de tração é sua principal característica, mas de forma geral, é uma embarcação polivalente, atuam no socorro e salvamento, combate incêndio e transporte e fornecimento de cargas variáveis em seus tanques abaixo da linha do convés principal.

Figura 1 – Embarcação Anchor Handling Tug Supply



Fonte: <http://www.blogmercante.com/wp-uploads/2011/04/ahts1.jpg> 03.05.2014.

2.2 Embarcações Platform Supply Vessels (PSV)

As embarcações destinadas a suprir as plataformas marítimas moveis ou fixas são denominadas Platform Supply Vessels de (PSV). Um convés amplo em espaços que facilitam a movimentação de carga e descarga armazenadas em

contêiner, palhete ou amarrados de tubos de perfuração entre outros, possui também abaixo da sua linha de convés tanques para transporte de múltiplas cargas a graneis líquidos ou sólidos como cimento, barita, calcário, lama de perfuração, água, óleo combustível e produtos químicos variáveis. Embarcações que possuem versatilidade em manobras quando em operação de carga e descarga ao lado de um navio FPSO (Floating Production Storage Offloading) ou Plataformas.

Figura 2 – Embarcação Platform Supply Vessel (PSV)



Fonte: <http://www.blogmercante.com/2012/01/embarcacoesoffshore-no-brasil/>.

2.3 Embarcação Oil Spill Recovery Vessel (OSRV)

Embarcação destinada a combater poluições por derrame de óleo ou produtos poluentes oriundos de operações de unidades envolvidas em exploração ou prospecção de petróleo marítimo ou por qualquer outra circunstância. As embarcações OSRV (Oil Spill Recovery Vessel) são dotadas de equipamentos especiais que localizam manchas de óleo no mar permitindo de forma rápida o seu recolhimento e armazenamento em tanques destinados a esse fim.

Para estes fins, é de extrema importância que sua manobrabilidade seja eficiente para que as barreiras de contenção e seus equipamentos lançados ao mar para recolhimento possam trabalhar eficientemente.

Figura 3 - Embarcação Oil Spill Recovery Vessel (OSRV)



Fonte: <http://www.blogmercante.com/2012/01/embarcacoesoffshore-no-brasil/>.

3 SISTEMAS DE PROPULSÃO

Durante muito tempo, a vela foi o principal meio de propulsão das embarcações, até o surgimento do motor a vapor no século XIX. No início, novamente uma solução híbrida foi adotada, a vela era utilizada durante o cruzeiro e o vapor para atingir velocidades maiores.

Enquanto os ventos eram gratuitos, os motores a vapor exigiam grandes quantidades de carvão, o que ainda diminuía a carga útil do navio. Inicialmente o motor acionava uma grande roda na lateral do navio, esta roda atrapalhava o manuseio das velas e a faina do navio. Este problema só foi resolvido com a invenção da hélice por John Ericsson. No início do século XX, com o aumento dos navios, a criação de embarcações totalmente metálicas e a hélice, o motor a vapor se firmou como principal meio de propulsão naval.

3.1 Sistema de Propulsão Diesel Mecânico

Desde então a Propulsão Diesel Mecânica é o sistema propulsivo mais utilizado no mundo, seja em navios comerciais ou no universo de embarcações de Apoio Marítimo onde há necessidade de grandes potencias propulsivas e tração estática (Bollard Pull) para reboques de plataformas ou qualquer outro serviço que demanda força bruta no mar

3.1.1 Histórico do Sistema de Propulsão Diesel Mecânico

Com a revolução industrial e científica a pleno vapor durante o século XIX apresentando a cada instante novas invenções ou aperfeiçoando esses inventos com novos conceitos científicos que nasceu na França, Ruldolf Diesel (1858 – 1913) com estudos em termodinâmica desenvolveu um motor simples, robusto, potência e que consumiria óleo vegetal ou óleo de qualquer natureza. Com o desenvolvimento do motor a diesel, este substitui o motor a vapor, pois os motores de combustão interna possuem maior rendimento. Uma menor quantidade de diesel era necessária em peso e volume do que o carvão, aumentando a capacidade de carga das embarcações.

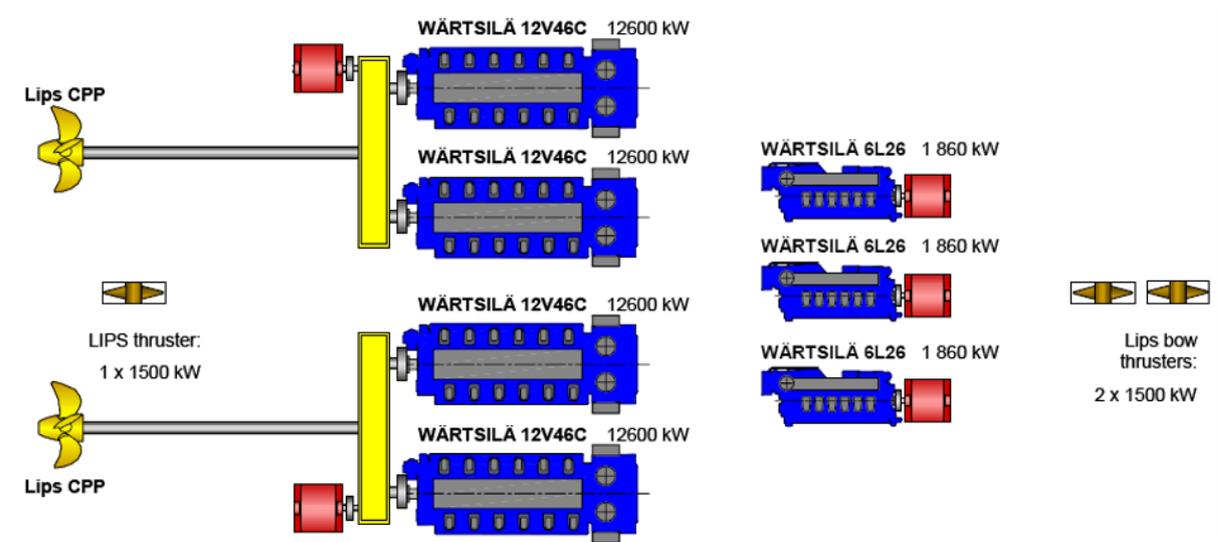
3.1.2 Descrição do Sistema de Propulsão Diesel Mecânico

Normalmente o sistema propulsivos dessas embarcações são caracterizados por duas linhas de eixo com propulsores em uma das suas extremidades e na outra extremidade uma caixa redutora acoplada a um ou dois motores a combustão conforme sua construção.

Por exigir grande potência, as Embarcações AHTS utilizam esse tipo de propulsão com inúmeros layouts onde podem ser somados a estes geradores de eixo aumentando a demanda de energia para acionamentos de equipamentos auxiliares.

Abaixo as Figuras 4 e 5 são duas representações gráficas que ilustram uma planta do Sistema Propulsivo Diesel Mecânico.

Figura 4 - Representação gráfica do Sistema Propulsivo Diesel Mecânico



Fonte: <https://www.google.com.br/#q=Nicolau-SKM-Prop-Diesel>.

Figura 5 – Motor Propulsor Diesel Mecânico



Fonte: SOUZA, 2014,p.10.

3.2 Sistema Propulsor Diesel-Elétrico

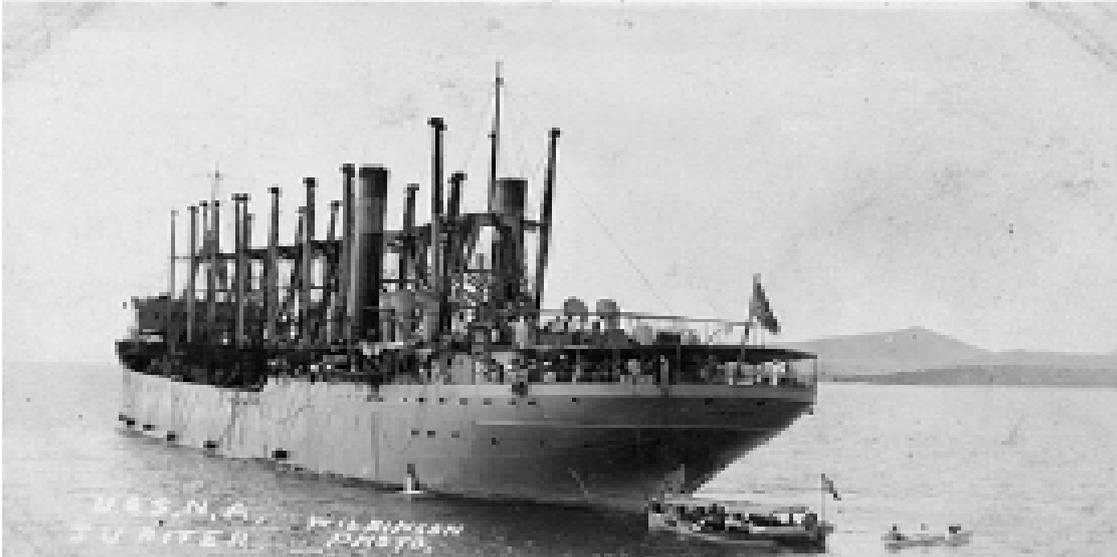
O Sistema Diesel-elétrico para embarcações de Apoio Marítimo surgiu como alternativa dos construtores e projetistas como solução às exigências cada vez mais acirradas dos armadores em garantir a segurança e a redundância de operações de carga e descarga em unidades de extração de petróleo em alto mar. Com avanço da tecnologia de componentes elétricos/eletrônicos este sistema de propulsão elétrica ressurgiu com uma opção muito bem conceituada para embarcações com prolongados períodos de operação. Outro fator que tem animado os diversos setores da indústria marítima está relacionado a grande economia que o sistema diesel-elétrico vem proporcionando a seus operadores

3.2.1 Histórico do Sistema de propulsão elétrica

Sistema de propulsão elétrica não é um sistema tão inovador como se pensa. A primeira embarcação com este tipo de propulsão foi aplicado em uma lancha no século XIX em uma de transporte de passageiro na Rússia movida a baterias. Em 1913 sistema de propulsão do USS "Jupiter" consistia de um turbo

gerador em corrente alternada (CA) que alimentava dois motores de indução com rotor bobinado (Fig. 6).

Figura 6 – USS Juppiter



Fonte: <http://www.history.navy.mil/photos/sh-usn/usnsh-j/ac3.htm>.

O sistema foi um sucesso até o início da 2ª Guerra Mundial (1940) quando a metalurgia deu salto na fabricação de sistema de engrenagens de dupla redução surgindo as caixas redutoras se tornando mais competitivos e seus componentes ficaram menores e mais leves que os turbos geradores, além de houve também uma melhoria nos níveis acústicos dos motores com propulsão direta, e aos poucos o sistema de propulsão elétrico foi perdendo a preferência.

Em 1886 e 1887 houve uma nova mudança em relação ao sistema propulsor diesel-elétrico, quando o navio de passageiros Queen Elizabeth II trocou seu sistema a vapor por nove diesel geradores de MAN de média rotação que geravam 44MW que alimentavam toda a hotelaria de bordo e mais dois motores propulsores elétricos que elevaram a velocidade para 32 nós, porém sua rotação de serviço ficou estabelecida em 28,5 nós obtendo assim uma economia de 35%.

Figura 7 – Quenn Elizabeth II



Fonte: <http://azulnuvem.blogspot.com.br/>.

3.2.2 Descrição do Sistema de propulsão elétrica

A Propulsão Elétrica pode ser descrita de forma mais precisa como uma transmissão elétrica de potência entre o dispositivo de acionamento principal e a carga representada pelos propulsores do navio. De uma maneira geral o sistema é composto por quatro componentes em comum: o equipamento de acionamento principal, o gerador, o motor elétrico e o seu conversor. Isso não significa que todas as embarcações tem a mesma metodologia de operação do sistema ou os mesmos arranjos de equipamentos. Há quatro requisitos de suma importância na escolha do arranjo da propulsão elétrica de uma embarcação a ser considerado: O tipo de potência que os geradores irão disponibilizar para o motor elétrico, corrente contínua (CC) ou corrente alternada (CA); De que forma será feita o controle de velocidade deste motor (variando a tensão se CC ou por variação da frequência CA); O tipo de equipamento que acionara os geradores principais (neste caso específico, estamos definindo um motor a diesel) e por fim, o método de controle do propulsor.

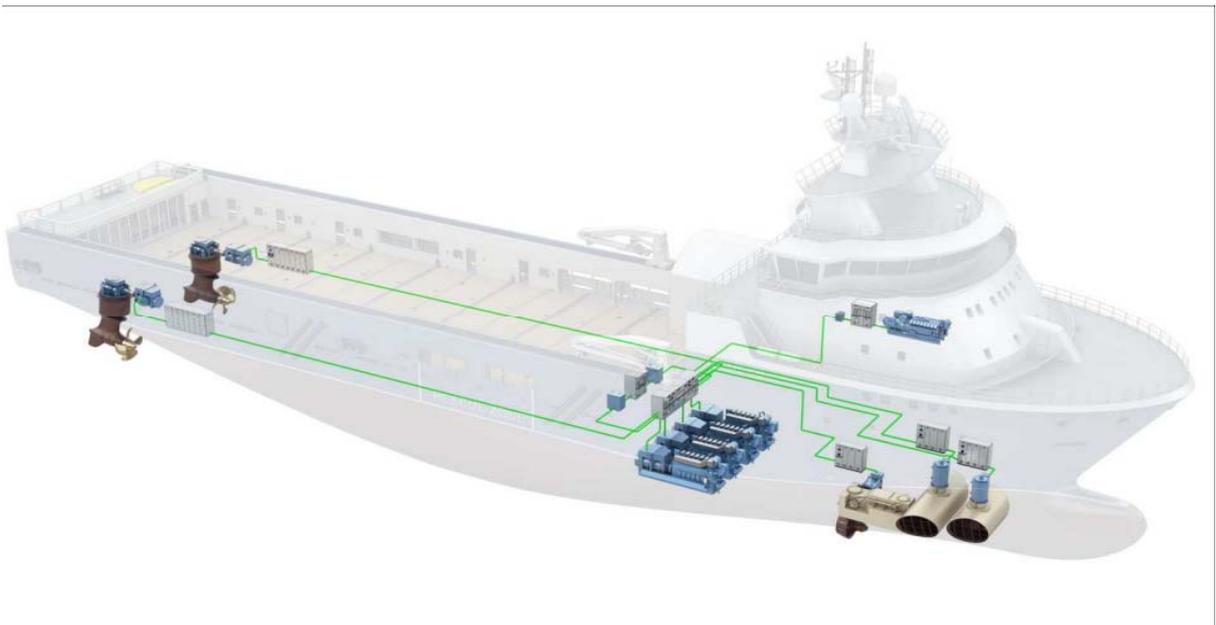
Devemos considerar que este trabalho está relacionando sistemas de propulsões para embarcações de Apoio Marítimo, sendo assim os motores a diesel

possuem rotação fixa e as variações de frequência ocorrem na saída do conversor. Outros requisitos operacionais como o tamanho, peso, consumo de combustível da embarcação e custos operacionais de manutenção, estoque de sobressalentes dentre outros custos indiretos deverão ser avaliados para a escolha definitiva do tipo de arranjo a ser instalado.

A demanda elétrica do Sistema Diesel-Elétrico é configurada de forma que possa suprir todos os sistemas principais e auxiliares, como os propulsores auxiliares (Thrusters) com redundância de forma que possa assegurar grandes períodos de operacionalidade com segurança.

Logo abaixo na Figura 8 um arranjo representativo de um sistema de propulsão diesel-elétrico instalados na maioria das embarcações PSV em operação.

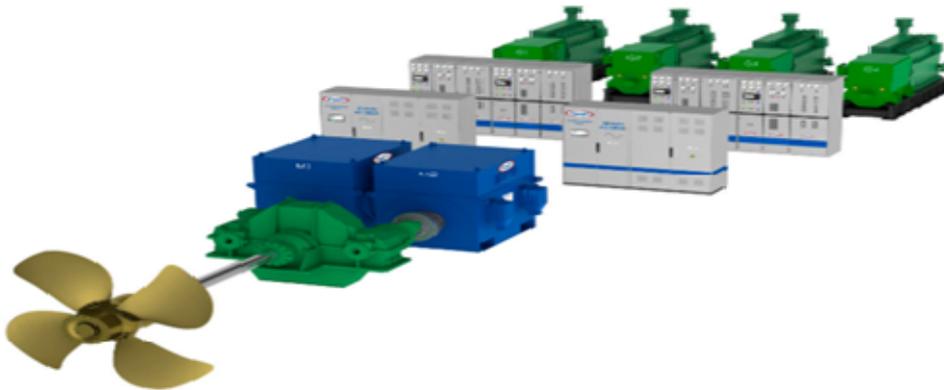
Figura 8 – Planta do Propulsor Diesel-Elétrico



Fonte: Nicolau-SKM-Prop-Diesel-Elétrica.

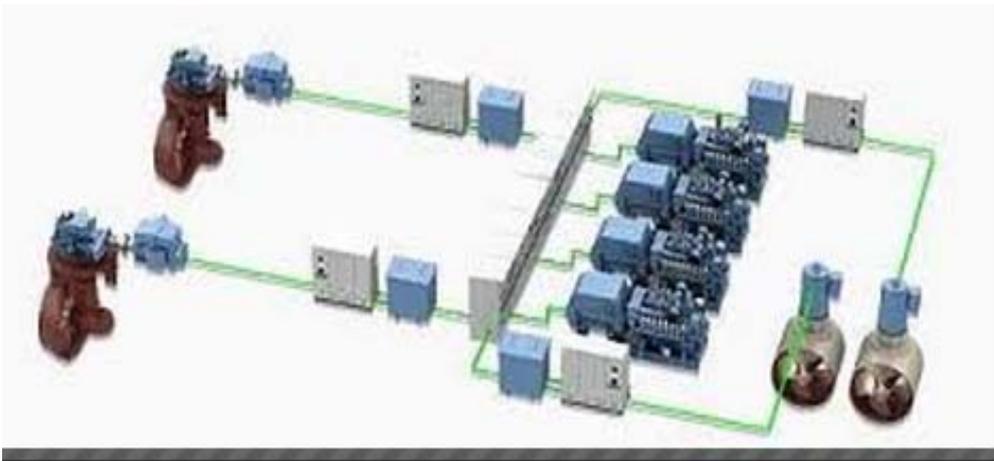
Na representação gráfica da Figura 9 abaixo, uma outra configuração do Sistema de Propulsão Elétrica com dois Motores elétricos potencializando a saída de um único eixo propulsor e na Figura 10 os motores elétricos acionando propulsores Azimutais.

Figura 9 – Sistema Propulsivo Diesel Elétrico – Redutora acoplado dois Motores Elétricos



Fonte: MAN Diesel & Turbo <http://www.mandieselturbo.com/files/news/filesof17642/Hybrid-Propulsion-Brochure.pdf>

Figura 10 – Sistema Propulsor Diesel-Elétrico acionando propulsores Azimutais



Fonte: <http://www.mandieselturbo.com/files/news/filesof17642/Hybrid-Propulsion-Brochure.pdf>.

3.3 Sistema Propulsor Híbrido

Uma nova configuração de sistema propulsores vem despontando e ganhando força no disputado mercado de prestação de serviços no Apoio Marítimo. Denominado de sistema híbrido de propulsão, ainda é pouco conhecido e pouco utilizado no transporte marítimo comercial em comparação com os sistemas mais conhecidos de propulsão – o Diesel-Mecânico e o Diesel-Elétrico.

Por arranjar sistemas Diesel, Elétrico e Mecânico, surgiu como uma alternativa valiosa e interessante por se tratar de embarcações cujo perfil operacional alterne momentos de alta e de baixa demanda de potência na saída do eixo propulsor

(potência útil); normalmente embarcações que carecem de grande redundância de propulsão nas quais a utilização propulsiva diesel-elétrica não é eficiente, e de embarcações que possuem uma elevada gama de operações distintas.

O sistema híbrido tem aproveitado com muito sucesso a disseminação de sistemas de controle eletrônico embarcados. Por misturar sistemas propulsão diesel-mecânica e a propulsão diesel-elétrica, o sistema híbrido combina os benefícios de cada um dos dois tipos de forma a trabalhar sempre com a maior eficiência possível, este tem sido seu diferencial.

3.3.1 Histórico do Sistema Propulsor Híbrido

O uso de um sistema híbrido – no sentido de múltiplas fontes de potência – não é novidade para embarcações militares. Porém, este sistema de propulsivo vem tomando impulso nas embarcações comerciais, principalmente nas embarcações de Apoio Marítimo. A necessidade imposta pelos armadores aos construtores em ajustar os projetos focando aliar economia de combustível sem perder potência a uma maior diversidade operacional, trouxe uma nova concepção desse sistema propulsor.

3.3.2 Descrição do Sistema Propulsor Híbrido

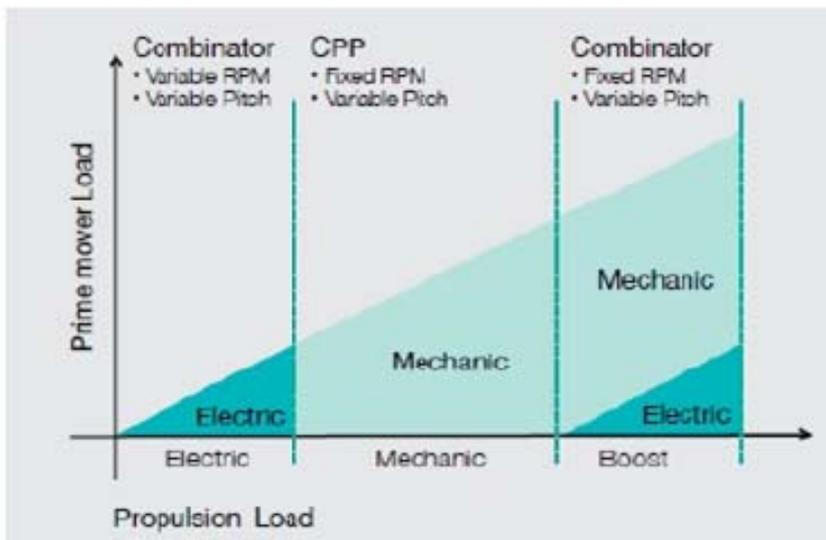
O sistema é composto mecanicamente por motores diesel, caixas redutoras, geradores de eixo e pela parte elétrica, com motores elétricos, além de geradores auxiliares que irão complementar a demanda de energia elétrica da embarcação com os geradores de eixo. Esse conjunto de equipamentos podem ser configurados de três formas diferentes caracterizando o Sistema Propulsivo Híbrido:

- a) Somente com Propulsão Elétrica para manobras de baixa velocidade, trânsito e operação em Posicionamento Dinâmico (DP);
- b) Em operações de reboques, manuseio de âncoras (para embarcações AHTS), em trânsito em velocidade elevadas, utilizando o Sistema Propulsivo Mecânico;
- c) E a combinação da Propulsão Elétrica e Mecânica Híbrida utilizando o conjunto elétrico como suprimento de potência para o Sistema de Propulsão Mecânica em manobras que requisite uma tração estática considerável.

Dessa forma, define-se sistema propulsor híbrido a possibilidade de se operar em modos distintos ou combinados com utilização da potência dos sistemas que o compõem sem que esteja numa condição de emergência operacional.

O gráfico abaixo demonstra a prioridade do Sistema Propulsor a ser utilizado em relação a carga operacional.

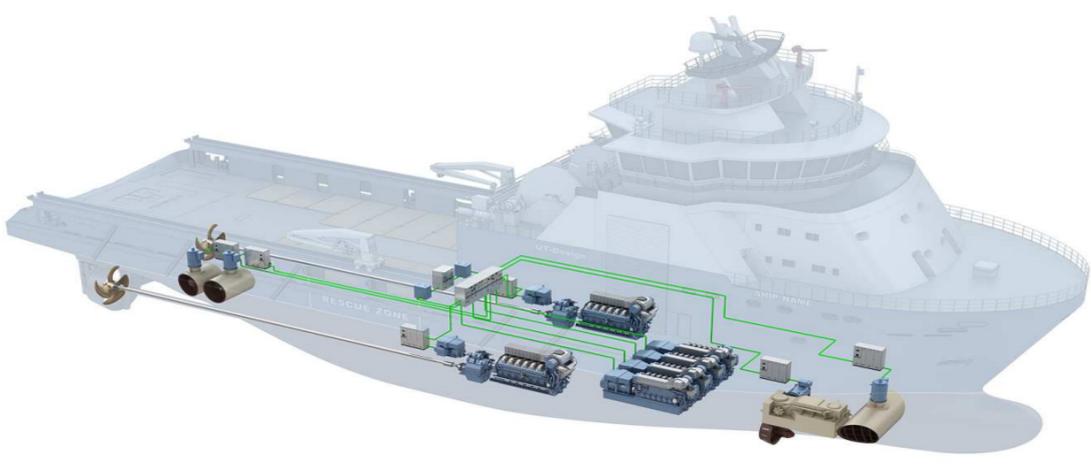
Figura 11 – Tipo de sistema propulsivo



Fonte: SOUZA, 2013, p. 15.

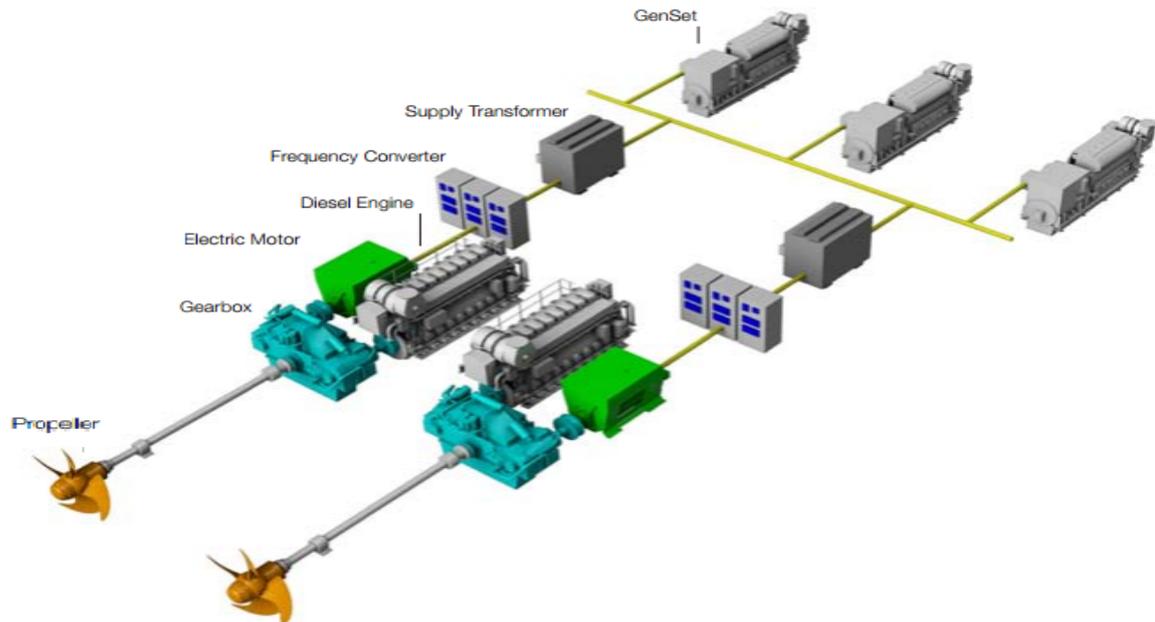
Abaixo, representações gráficas mostraram diferentes configurações do Sistema de Propulsão Híbrido conforme seus fabricantes.

Figura 12 – Representação do Sistema Propulsor Híbrido com propulsores auxiliares



Fonte: Wartsila.

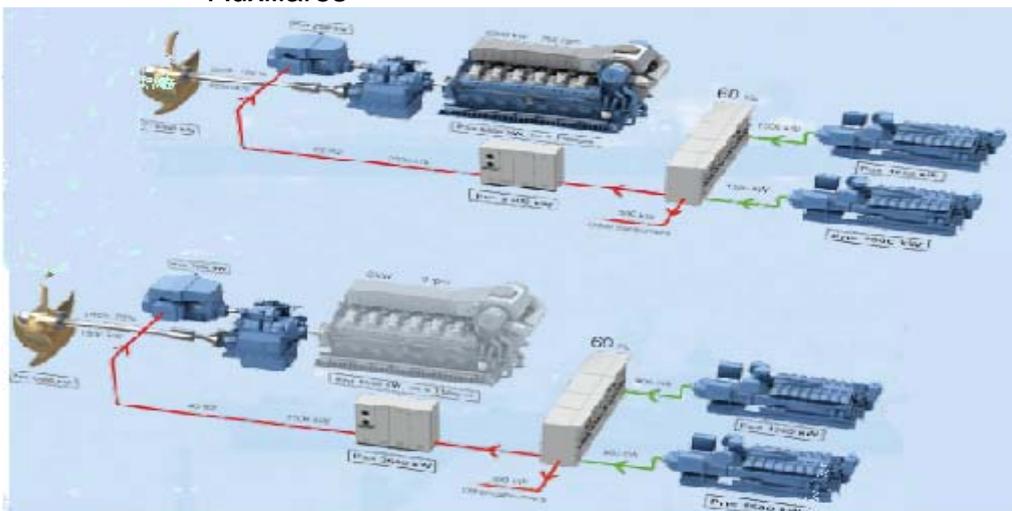
Figura 13 – Planta do Sistema Propulsivo Híbrido



Fonte: MAN Diesel & Turbo.

As Figuras 14 e 15 demonstram graficamente plantas com configurações operacionais para múltiplas situações, que vão de altas velocidades a longos períodos de monobrabilidades, características muito exigida das embarcações AHTS.

Figura 14 – Variações do Sistema de Propulsão Híbrido com quatro Motores Auxiliares



Fonte: Rolls-Royce.

Figura 15 - Variações do Sistema de Propulsão Híbrido com dois Motores Principais e Motor Auxiliar



Fonte: Rolls-Royce.

4 COMPARAÇÃO ENTRE SISTEMAS PROPULSIVOS

A comparação dos sistemas propulsivos de um modo geral, é feita de forma teórica. Para se ter valores reais teríamos que ter uniformidade de vários parâmetros que não poderiam ser desprezados como: similaridade de casco, condições iguais de operações, velocidade de cruzeiro no mesmo trechos e uma outra infinidades de condições.

Porém, foi verificado que todos os grandes projetistas desígnies e construtores como: WARTSILA, MAN Diesel & Turbo, ROLLS-ROYCE, em suas avaliações comparativas entre sistemas Diesel Mecânico, Diesel elétrico e Sistemas Propulsores Híbridos utilizando os mesmos Motores Principais, Geradores de Eixo e Motores Auxiliares, que a aplicação do Sistema Propulsivo Diesel Elétrico em PSV's, "A economia de combustível, muitas vezes, chega a 15-25 por cento em perfis normais de operação e de 40-50 por cento em operações com posicionamento dinâmico (DP)" (SOUZA, 2013, p. 15).

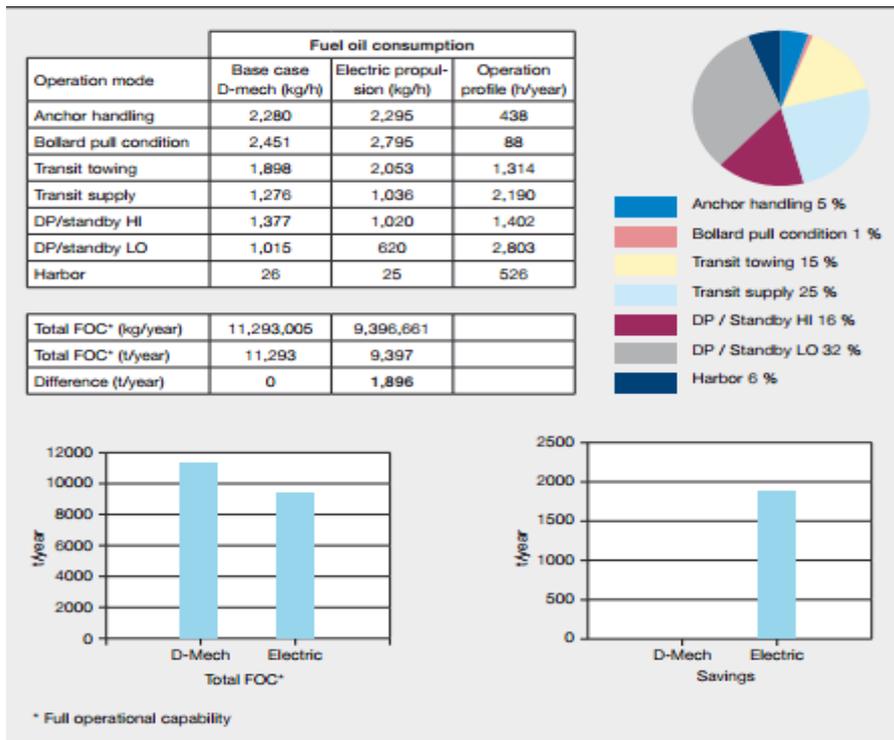
Neste parâmetro esta economia é justificada por duas condições; primeiro, as condições operacionais de uma embarcação PSV que se faz necessário uma variação de velocidade dos propulsores que diminui para o mínimo as perdas do hélice quando comparado entre as embarcações com motores de rotação fixa com passo controlável, normalmente embarcações com Sistema Propulsivo Direto, Diesel Mecânico, concepção clássica dos AHTS e PSV.

A segunda condição refere-se à partida e parada automática dos motores diesel mecânico retirando os geradores assegurando que a carga do motor elétrico propulsor seja mantida ao ponto ótimo do limite operacional.

Assim, nesta condição a vantagem do acontece em favor do Sistema Propulsivo Diesel Elétrico pelo fato de que as embarcações do Apoio Marítimo com Sistema Propulsivo Diesel Mecânico geralmente possuem sistema de passo variável ficando o Motor Principal em rotação constante quando o Pitch está em zero ou quando em condição de DP elevando o consumo de combustível e acarretando desperdício de potência.

A figura 16 demonstra de forma explícita a relação entre os Sistemas Propulsivos Diesel Elétrico e Diesel Mecânico em diversas condições com se vê abaixo:

Figura 16 - Relação de Consumo e Potência entre Sistema Diesel Mecânico e Diesel Elétrico



Fonte: ABB

[http://www05.abb.com/global/scot/scot271.nsf/veritydisplay/299baae71ce9a0cfc12577bc00472f36/\\$file/19-22%203m071_ENG_72dpi.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot271.nsf/veritydisplay/299baae71ce9a0cfc12577bc00472f36/$file/19-22%203m071_ENG_72dpi.pdf).

Quando se faz comparações entre embarcações com Sistema Propulsivo Diesel Elétrico e Sistema Propulsivo Híbrido, um PSV equipado com um sistema Diesel-Elétrico, os propulsores estão operando em todos os momentos de funcionamento da embarcação com exceção do momento de estada em porto.

Podemos aduzir que os propulsores azimutais os responsáveis pelo maior custo relativo de manutenção de um PSV, estão em funcionamento durante aproximadamente 90% do tempo de funcionamento da embarcação.

No sistema propulsivo Híbrido, o PSV possui uma linha de eixo central para uso em navegação, e propulsores azimutais retráteis para utilização em DP e Standby. O perfil de utilização dos azimutais ficaria sendo de 50% do tempo de operação, o que é uma redução significativa do tempo de uso do equipamento mais caro a bordo. Para as embarcações AHTS, o impacto no custo operacional acaba sendo relativo à possibilidade de se desligar os motores principais quando estes estiverem operando com carga muito baixa, o que é prejudicial para carbonização.

Dados operacionais obtidos junto à Wärtsilä demonstram que o consumo de combustível quando em navegação chega a ser 25% menor do que um PSV Diesel-Elétrico comum, enquanto que o consume em DP é equivalente. No entanto, o ganho de 25% deve ser tomado como resultado de todas as modificações descritas, e não apenas do sistema em si. O que é fato é que a adoção do Sistema Híbrido permite que o projetista trabalhe o PSV de forma inédita.

Analisando os resultados obtidos, verificou-se que dentro do perfil operacional traçado para o navio AHTS, o sistema propulsivo com menor consumo de óleo combustível e, conseqüentemente, menor custo, foi o diesel elétrico.

A diferença de consumo médio diário de combustível em toneladas foi cerca de 15% a menos em relação ao Diesel Mecânico e de 9% a menos que o Híbrido.

Uma explicação para tal economia no sistema elétrico se deve ao fato da embarcação em questão ficar grande parte do tempo em posicionamento dinâmico (45% do tempo).

Apesar de possuir uma maior perda em seu sistema de transmissão (10%), devido às múltiplas transformações de energia no sistema, o Sistema Diesel Elétrico é sem dúvida a melhor e mais confiável configuração para embarcações que operem por longos períodos em regime de DP.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A uma unanimidade de pensamento observado entre designe, projetistas e construtores que as exigências dos armadores tem sido cada vez mais acirradas quanto a conciliar economia de combustível, potência para que possa suportar os sistemas redundantes com a menor quantidade de poluentes lançados na atmosfera. Uma escolha difícil devido a complexa escolha definitiva do sistema de propulsão de uma embarcação dará o retorno esperado ao longo da vida útil operacional e lhe garantirá futuros contratos no decorrer da sua existência.

Como toda opção que precisa ser feita, definir pela melhor configuração de um sistema propulsor significa estar alinhado com a estratégia que o armador traçou para a vida útil da sua embarcação.

Pelas análises citadas neste trabalho não seria precipitado afirmar que o melhor sistema propulsor, se compararmos os três tipos de sistemas propulsivos, (Diesel Elétrico, Diesel Mecânico e Híbrido) é o Diesel Elétrico quando instalados em embarcações que passam a maior parte do tempo em regime de posicionamento dinâmico é a melhor configuração, justificado devido a configuração do seu sistema que tem passo do propulsor é fixo não havendo portanto, consumo de combustível quando o hélice está em “passo zero”, ou seja, sem produzir empuxo. Da mesma forma, as embarcações que necessitam de tração estática se faz necessário a presença de um propulsor com ação direta para uma melhor potência auxiliado pelo Sistema propulsivo Diesel Elétrico.

Para que um estudo completo fosse feito, seria necessário que os resultados numéricos publicados ou oferecidos por uma gama de construtores de sistemas propulsivos fossem comparados com os resultados experimentais de navios reais que operassem com o mesmo perfil operacional e mesma configuração de sistema propulsivo. Desta forma conclui-se a escolha de sistema propulsivo levando-se em consideração a missão da embarcação, área de atuação e perfil de operacional da mesma se mostra de grande utilidade na diminuição de custos operacionais, tornando-a mais lucrativa e competitiva frente ao mercado de afretamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAECELLOS, Renato (Wärtsilä Brasil Ltda). O sistema híbrido de propulsão como uma alternativa viável aos sistemas diesel-elétrico e diesel-mecânico. In: 24º CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO, Construção Naval e Offshore, 15 a 19 de outubro de 2012. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Engenharia Naval (Sobena), 2012.

EMBARCAÇÃO AHTS. Disponível em: <http://www.blogmercante.com/wp-uploads/2011/04/ahts1.jpg>. Acesso em: 03 maio 2014.

FREIRE, Paulo Eduardo Meirelles; FERREIRA, César Leal. Propulsão elétrica – histórico e perspectivas futuras. In: 20º CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTES MARÍTIMOS, CONSTRUÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 08 a 12 de novembro de 2004. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Engenharia Naval (SOBENA), 2004.

News On Line, Tecno. Apoio Marítimo – Inovações resultam ganhos nas operações de marítimo da CBO.

OSRV - Oil Spill Recovery Vessel - <http://www.blogmercante.com/2012/01/embarcacoesoffshore-no-brasil/>

PROPULSOR a diesel. Disponível em: file:///C:/Users/JO%C3%83O%20REUS%20P%20TEIXEIRA/Desktop/Teste/Configura%C3%A7%C3%A3o%20H%C3%ADbrida%20%20%20Aspin%20Kemp%20&%20Associates_files/07-Nicolau-SKM-Prop-Diesel-EI%C3%A9trica.pdf. Acesso em: 14 maio 2014.

PROPULSÃO híbrida. Disponível em: <http://www.mandieselturbo.com/files/news/files/17642/Hybrid-Propulsion-Brochure.pdf>. Acesso em: 14 maio 2014.

PROPULSÃO elétrica. Disponível em: [http://www05.abb.com/global/scot/scot293.nsf/veritydisplay/b48197614a6b304cc1257a8a003c3c43/\\$file/ABB%20Generations_23%20Hybrid%20marine%20electric%20propulsion.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot293.nsf/veritydisplay/b48197614a6b304cc1257a8a003c3c43/$file/ABB%20Generations_23%20Hybrid%20marine%20electric%20propulsion.pdf). Acesso em: 09 maio 2014.

PROPULSÃO. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Propuls%C3%A3o_naval. Acesso em: 09 maio 2014.
PSV – Plataform Supply Vessel-Foto Erik Azevedo - <http://www.blogmercante.com/2012/01/embarcacoesoffshore-no-brasil/>. Acesso em: 09 maio 2014.

SISTEMA híbrido. Disponível em : <http://www.mandieselturbo.com/files/news/files/17642/Hybrid-Propulsion-Brochure.pdf>. Acesso em: 09 maio 2014.

SISTEMA diesel elétrico. Disponível em: http://www.rolls-royce.com/marine/ship_design_systems/hsg/index.jsp. Acesso em: 09 maio 2014.

SISTEMA propulsivo híbrido. Disponível em: <http://www.rolls-royce.com/Images/hsg_brochure_tcm92-26884.pdf>. Acesso em: 09 maio 2014.

SOUZA, Felipe Arcoverde de. **Avaliação de sistemas diesel elétrico, mecânico e híbrido para embarcações de apoio a plataformas**. 2013. 87 f. Projeto de Graduação em Engenharia Naval e Oceânica – Universidade Federal do Rio de Janeiro Escola Politécnica Engenharia Naval e Oceânica, Rio de Janeiro, setembro de 2013.