



MARINHA DO BRASIL

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA

SUPERINTENDÊNCIA DE ENSINO

CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MAQUINAS

ALEX EUSTÁQUIO DE MELO

**ANÁLISE DA PROPULSÃO DIESEL ELÉTRICA EM EMBARCAÇÕES
DE APOIO MARÍTIMO**

Rio de Janeiro, 2012

ALEX EUSTÁQUIO DE MELO

CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MAQUINAS

ANÁLISE DA PROPULSÃO DIESEL ELÉTRICA EM
EMBARCAÇÕES DE APOIO MARÍTIMO

Monografia apresentada ao Curso de Aperfeiçoamento de oficial de Maquinas, na modalidade Formação para Chefe de Maquinas, como requisito parcial para atender a regra III\2 da convenção STCW.

Orientador: Oficial Superior de Maquinas
Aristóteles de Mello.

Rio de Janeiro, 2012

**Dedico este trabalho a minha filha,
Carolina Felix de Melo, motivo de minha
alegria e amor.**

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em primeiro lugar aos meus pais, Jose Antônio Libânio de Melo e Ana Lucia Canário de Melo, que sempre me incentivaram, apoiaram e nunca deixaram de estar do meu lado.

A minha querida Esposa Ayanne Medeiros Felix de Melo, pelo amor, companheirismo e paciência durante o desenvolvimento deste trabalho. Obrigado por alegrar os meus dias e por ter transformado a minha vida.

Ao meu orientador Oficial Superior de Maquinas Aristóteles de Mello pela disponibilidade.

Obrigado por tudo.

“Fazendo a mesma coisa dia após dia, não há de se esperar resultados diferentes.”
(Albert Einstein)

RESUMO

O estudo faz uma mostra simplificada da propulsão mecânica tradicional, a propulsão diesel elétrica e seus tipos de propulsores, mostrando vantagens da propulsão elétrica como redução do consumo de combustível, redução da tripulação, flexibilidade do projeto, favorecimento das redundâncias dos sistemas, aumento da vida útil das embarcações, redução dos custos de manutenção e redução da emissão de poluentes.

Palavras-chave: Propulsão elétrica, embarcação de apoio marítimo, comparação de propulsão

ABSTRACT

The study does a simplified show of traditional mechanic propulsion and diesel electric propulsion, showing advantages of the latter over the former as reducing fuel consumption, reduced crew, design flexibility, favoring redundant systems, increasing the life of the vessels, reduction of maintenance costs and reduced emissions.

Keywords: electric propulsion, offshore support vessel.

SÍMBOLOS, ABREVIATURAS, SIGLAS E CONVENÇÕES

%MCR - Maximum Continuous Rating

ANCOR HANDLIN - Manuseio de ancora

AT QUAY - Atracado

BALLAST PUMP - Bomba de lastro

BOW THRUSTER - Propulsor de proa

HFO - Heavy Fuel Oil

MARPOL - Convenção que trata da poluição no mar

MDO - Marine Diesel Oil

PIN - Potência entrando

PLOSSES - Potência perdida

POUT - Potência que saindo

TRANSIT - Trânsito

η - Rendimento

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
CAPÍTULO 1- PROPULSÕES MECÂNICA TRADICIONAL E ELÉTRICA.....	12
CAPÍTULO 2- PROPULSORES ESPECIAIS ELÉTRICOS.....	16
2.1- Passo controlável.....	16
2.2- Azimutais POD e AZIPOD.....	17
2.3- Hélices Duplas.....	18
2.3.1- STP Twin Propeller.....	19
2.3.2- CRP Helices Contra rotativas.....	19
2.4- Z- Drive.....	21
2.5- L- Drive.....	21
CAPÍTULO 3- PRINCIPAIS VANTAGENS DA PROPULSÃO ELÉTRICA.....	23
3.1- Redução do Consumo de Combustível.....	23
3.2- Redução da Tripulação.....	25
3.3- Flexibilidade do Projeto.....	25
3.4- Favorecimento das redundâncias dos sistemas.....	27
3.5- Aumento da Vida Útil das embarcações.....	28
3.6- Redução dos Custos de Manutenção.....	29
3.7- Redução da Emissão de Poluentes.....	30
3.8- Redução da assinatura acústica.....	32
CONCLUSÃO.....	33

INTRODUÇÃO

O conceito de propulsão elétrica não é nova, a idéia originou-se a mais de 100 anos. No entanto, com o desenvolvimento da eletrônica de potência nas décadas de 80 e 90, possibilitou-se o melhor controle de motores elétricos com velocidade variável em uma grande faixa de potência, além de ser um sistema compacto, confiável e competitivo.

Segundo as informações de Whitman E. C (2001, p.18), o conceito de Propulsão Elétrica Integrada, utilizando o acionamento elétrico, é a tecnologia mais promissora nos desenvolvimentos da engenharia naval atual, desde o advento dos reatores nucleares e das turbinas a gás. Entende-se por Propulsão Elétrica um sistema constituído por um gerador elétrico, acionado por um dispositivo de acionamento principal, que fornece energia para um motor elétrico que aciona o hélice do navio. A principal característica deste sistema é o controle da propulsão da embarcação pelo motor elétrico.

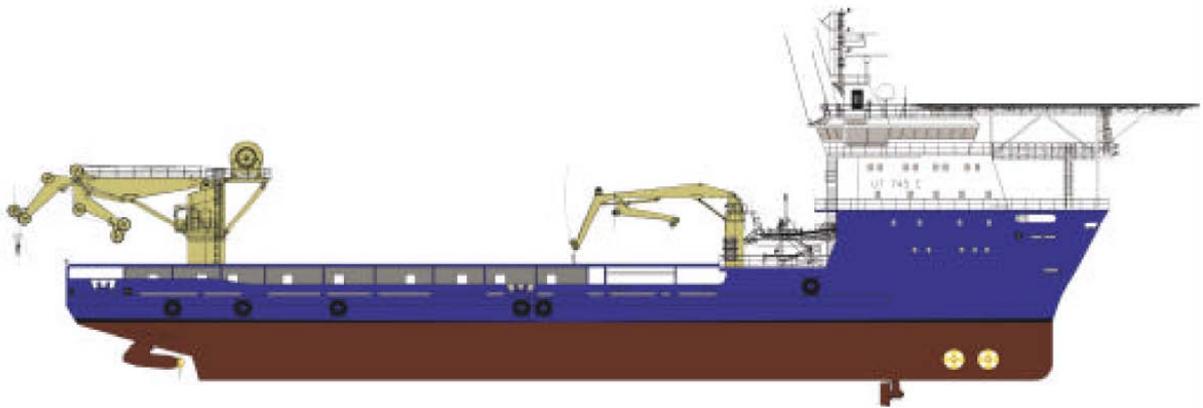


Fig. 1: Exemplo de embarcação de apoio marítimo com propulsão diesel elétrica.

No Sistema de Propulsão Elétrica ao invés de dois sistemas de potência separados, cada um com sua limitação de carga específica, passa-se a dispor de uma capacidade de geração única que pode ser distribuída com maior flexibilidade entre as diversas áreas e sistemas de bordo, de acordo com as alterações de demanda.

Portanto, o conceito de Propulsão Elétrica visa basicamente à integração entre o sistema de potência da propulsão da embarcação com os sistemas auxiliares (Fig. 2). E com a eletrificação dos sistemas auxiliares, abre-se a possibilidade de utilização de estruturas modulares com maior flexibilidade para expansões futuras, segundo Mccoy (2002, p.67).

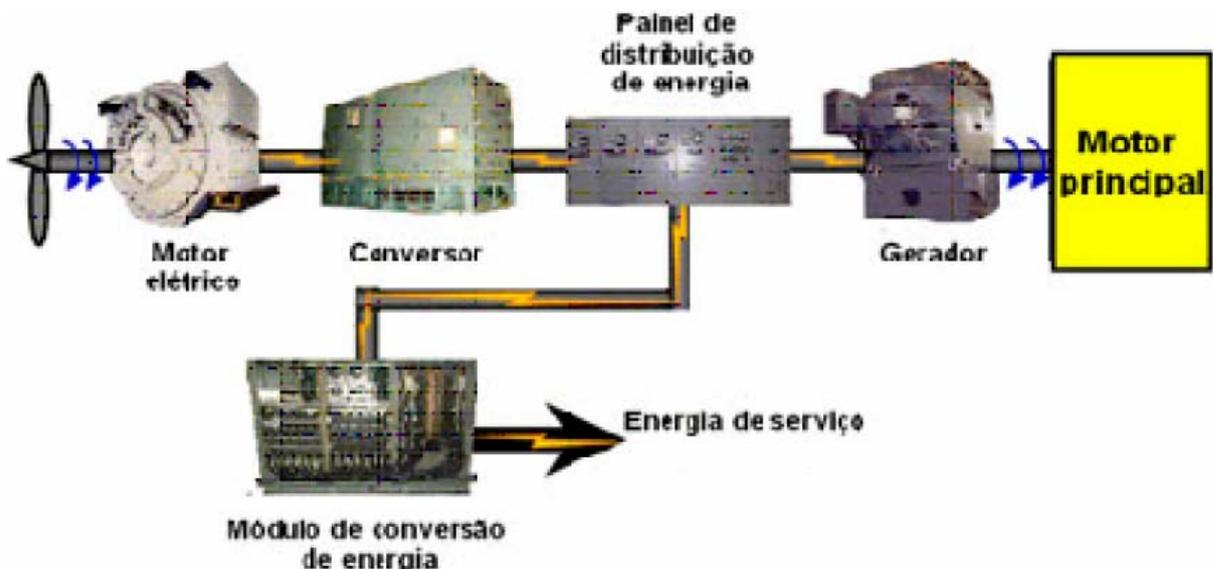


Fig. 2: Sistema de Acionamento Elétrico Integrado.

1 PROPULSÕES MECÂNICA TRADICIONAL E ELÉTRICA

Nas embarcações dotadas de Propulsão Mecânica tradicional, a rotação do motor diesel é quem define a rotação do hélice, portanto, o motor em algumas condições de operação não opera na faixa do rendimento ótimo, gerando desta forma, um inevitável desperdício de combustível.

No sistema de propulsão mecânico convencional o dispositivo de acionamento principal a ser empregado, que pode ser um motor diesel, é acoplado diretamente ao eixo propulsor da embarcação de apoio através da engrenagem redutora. Neste tipo de configuração do sistema de propulsão é necessário um diesel gerador auxiliar, instalado em local separado do sistema de propulsão, que fornecerá a potência elétrica para o atendimento da carga para acomodações, dos sistemas operacionais e demais auxiliares de bordo para Mccoy (2002, p.22-36).

A Propulsão Elétrica pode ser descrita de forma mais precisa como a transmissão elétrica de potência entre o dispositivo de acionamento principal e a carga representada pelos propulsores do navio (Fig. 3). Este sistema de propulsão consiste essencialmente na transmissão elétrica para a mudança entre a relativamente alta velocidade e baixo torque do dispositivo de acionamento principal para a baixa velocidade e elevado torque requerido para girar os propulsores.

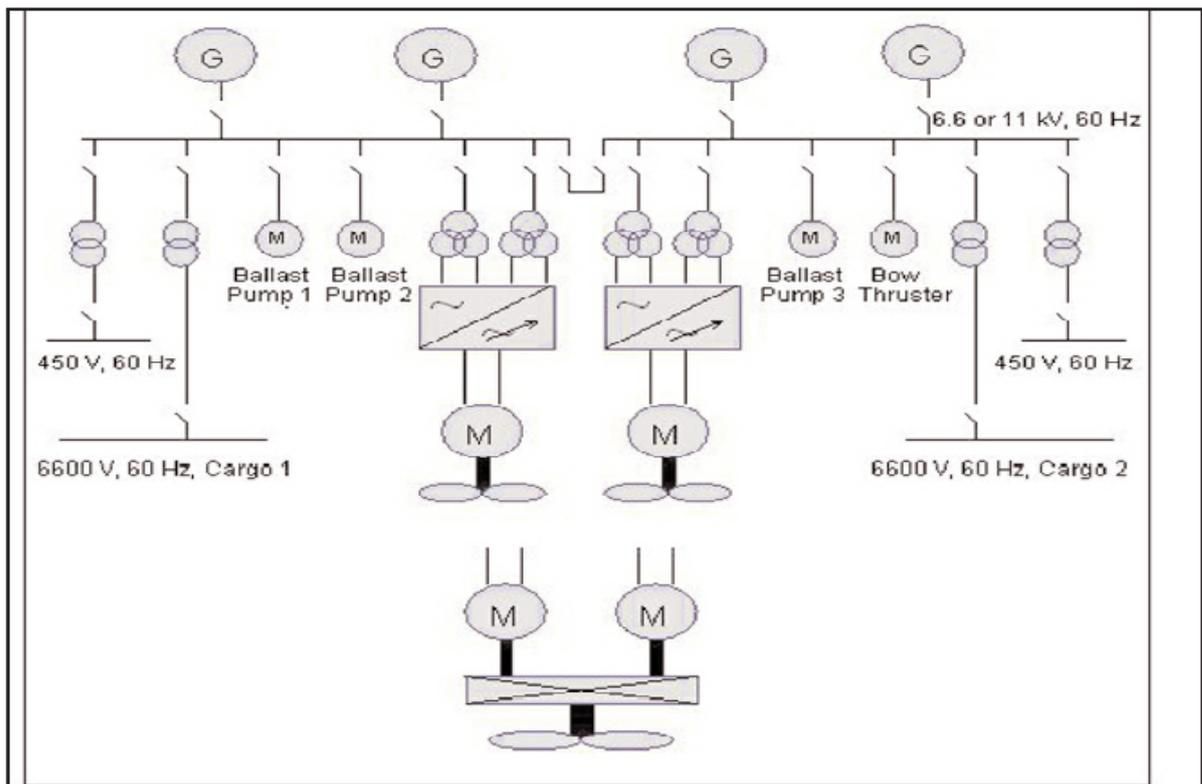


Fig. 3: Diagrama de um Sistema de Propulsão Elétrica.

No sistema de Propulsão Elétrico a eficiência da transmissão não é tão sensível à variação da velocidade do eixo propulsor, como ocorre com a transmissão mecânica convencional. Portanto, nos períodos em que a embarcação opera com velocidade mais baixa a eficiência da transmissão elétrica é maior do que a da transmissão mecânica. E considerando que, as embarcações de apoio marítimo operam a maior parte do tempo em atividades com baixas velocidades, como em operações em posicionamento dinâmico (DP), em prontidão e atracado (Fig. 12) tem-se aí o grande diferencial positivo para justificar o emprego da Propulsão Elétrica.

Em qualquer sistema de alimentação isolado, a quantidade de energia gerada deve ser igual à energia consumida, incluindo as perdas. Para um sistema elétrico que consiste de uma planta de geração de energia elétrica, um sistema de distribuição, incluindo todas as perdas energéticas, o fluxo de potência pode ser ilustrado (fig. 4) abaixo:

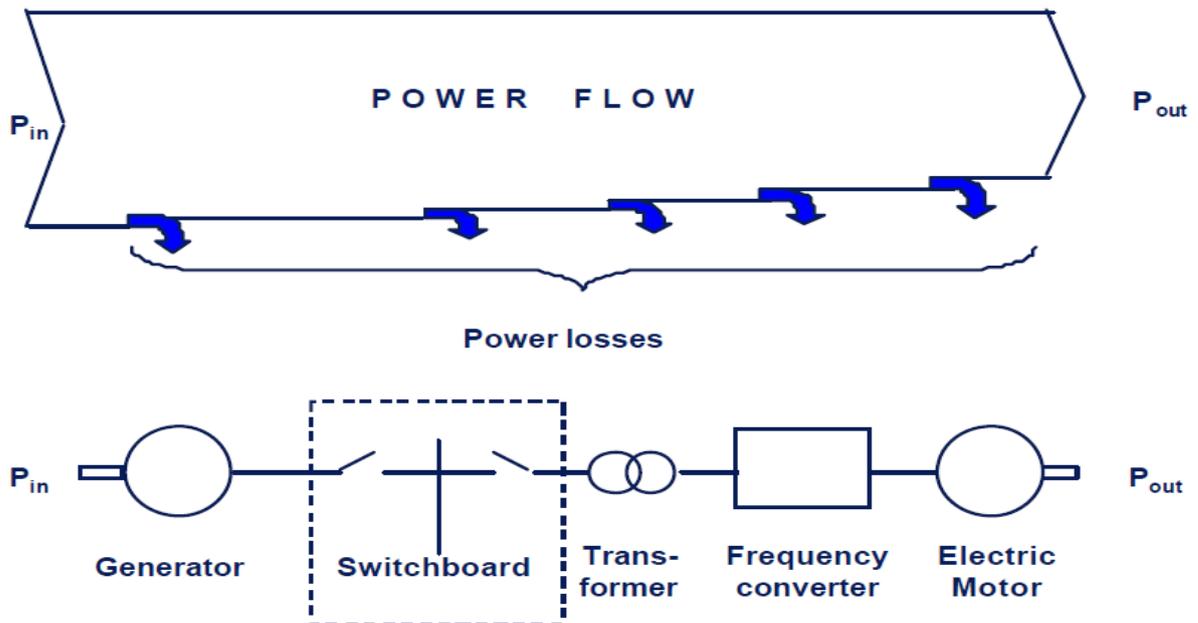


Fig. 4: Fluxo de energia de um sistema elétrico.

Os motores primários, neste exemplo, motores diesel, são uma fonte de alimentação para o eixo do gerador elétrico. O motor elétrico, que poderia ser o motor de propulsão, é energizado pelo barramento. A energia perdida nos componentes entre o eixo do motor diesel e do eixo do motor elétrico são térmicos e acústicos, causando aumento da temperatura em equipamentos e ambiente. A eficiência do sistema elétrico (Fig. 4) é:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{losses}}$$

Para cada um dos componentes, a eficiência elétrica pode ser calculada, e os valores típicos de potência (nominal) completo são para: gerador: $\eta = 0,95$ a $0,97$, barramento principal: $\eta = 0,999$; transformador: $\eta = 0,99$ a $0,995$; conversor de frequência: $\eta = 0,98$ a $0,99$; e motor elétrico: $\eta = 0,95$ a $0,97$.

Assim, a eficiência de um sistema elétrico diesel, a partir do eixo do motor diesel, a elétrica do eixo do motor de propulsão, é normalmente entre $0,88$ e $0,92$ em plena carga. A eficiência depende da carga do sistema.

Portanto entre o eixo do motor diesel e o eixo do motor elétrica, de propulsão de um sistema de propulsão diesel elétrica, as perdas são fixas e por volta de 10% . O fator de eficiência energética do sistema vai depender dinamicamente da variação da carga na propulsão.

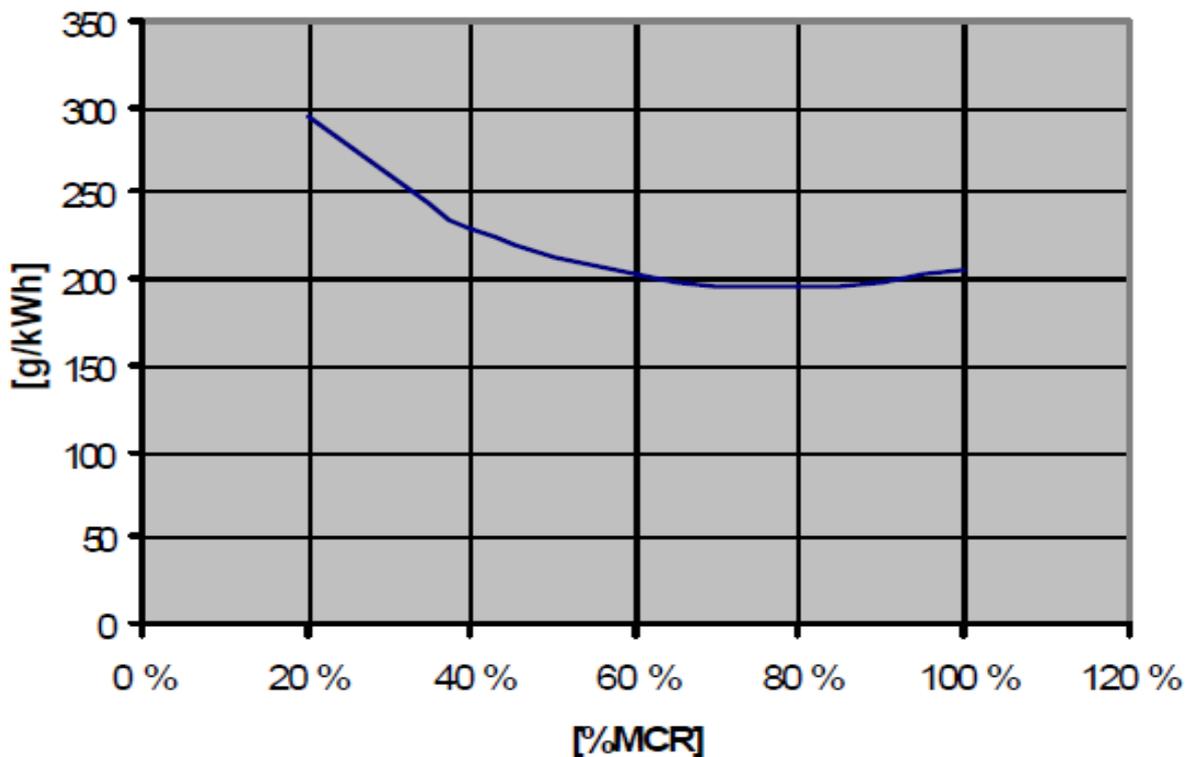


Fig. 5: Diagrama de combustível por potência em relação a carga de um motor diesel.

No gráfico (Fig. 5) nota-se que a eficiência ótima de um motor diesel fica em torno de 80% de carga, com isto exposto, uma planta de propulsão em que mantenham os motores diesel constantemente nesta faixa ótima de trabalho, teria a eficiência aumentada.

2 PROPULSORES ESPECIAIS ELÉTRICOS

2.1 Passo controlável

Este sistema incorpora uma tecnologia de resposta rápida com nível de ruídos e vibrações perto do limite de zero. Pode ser utilizado em muitos tipos de embarcação. Tem ao seu favor o fato de serem extremamente robustos e preparados para operarem em condições adversas de mar com baixo custo de manutenção.

O passo é controlado por um mecanismo hidráulico dentro do cubo e não tem necessidade de caixas inversoras. O impulso é controlado pelo passo do hélice, fazendo com que a embarcação possa navegar com sua velocidade mais eficiente.



Fig. 6: Exemplo de propulsor de passo controlável

2.2 Azimutais POD e AZIPOD

Propulsor azimutal é um sistema de propulsão capaz de girar 360° dispensando o uso de leme e dando maior manobrabilidade a embarcação, dessa forma bastante indicado para embarcações de apoio marítimo. Além dessa principal vantagem, a propulsão azimutal também é mais eficiente que a convencional graças ao uso de motores elétricos, ela faz melhor uso das dimensões da embarcação conferindo mais espaço para outras instalações, os custos de manutenção também são menores. Os propulsores azimutais podem apresentar transmissão mecânica ou elétrica, sendo que na segunda o motor fica localizado fora do casco da embarcação eliminando a necessidade de caixa de transmissão, já nos modelos tradicionais de transmissão mecânica onde o motor fica localizado no interior da embarcação o torque chega até a embarcação graças ao sistema de transmissão que pode ser do tipo Z-drive ou L-drive.

De acordo com Harrington (1970) o conjunto gerador-motor elétrico pode ser tratado como um sistema de transmissão elétrico. O primeiro projeto de Pod propulsor foi concebido em 1955, quando Pleuger e Busmann projetaram o sistema e o patentearam nos Estados Unidos (PÊGO et al., 2005). Em 1990, a ABB lançou no mercado o mesmo conceito de propulsão aprimorado para aplicações comerciais denominado Azipod. Basicamente, o sistema consiste de um motor elétrico, alojado dentro de um Pod adequado para fornecer melhor escoamento do fluido, conectado a um hélice. Este conjunto é instalado na parte externa do casco e possui capacidade de girar 360° em torno do seu próprio eixo.

Embora existam outras empresas que fabricam propulsores em Pod, durante a investigação notou-se que apenas os sistemas fabricados pela ABB seriam de interesse para embarcações dadas as suas configurações. Este sistema pode ser observado na Figura abaixo.



Fig. 7: Vista da popa de uma embarcação de apoio com dois propulsores tipo Azipods.

2.3 Helices Duplas

Não é recente o uso de mais de um hélice na propulsão de embarcações, vários rebocadores fazem uso de par de propulsores azimutais e dessa forma dispensam o uso de leme, no entanto, nestes casos bem como em outros exemplos anteriores a este os hélices se encontram em eixos e estrutura mecânica diferentes. No entanto, este trabalho ao adotar o termo hélice dupla não se refere a esse tipo de tecnologia e sim algo muito mais recente na navegação que são os pares de hélice em mesmo eixo e mesma estrutura mecânica.

Os dois modelos estudados são o STP (Twin Propellers) e o CRP (Helices contra rotativas) vistos a seguir.

2.3.1 STP Twin Propeller

Utiliza de dois hélices montados num mesmo eixo, girando na mesma direção e aletas direcionais integradas ao propulsor, obtêm-se, entre outras, as seguintes

vantagens: alta confiabilidade devido à construção simples e com poucas peças móveis, redução do diâmetro do hélice sem comprometimento da eficiência, baixo consumo de combustível e baixo custo de manutenção. Esse propulsor tem 20% a mais de eficiência propulsora comparado a propulsores comuns.



Fig. 8: Exemplo de Twin Propeller.

2.3.2 CRP Hélices Contra rotativas

O propulsor CRP consiste em dois hélices alinhados girando em sentidos opostos onde o hélice traseiro se aproveita da energia rotacional do turbilhão deixada pelo hélice dianteiro, e dessa forma o sistema como um todo apresenta substanciais ganhos de eficiência se comparados aos tradicionais modelos de propulsão visto que a exigência por potencia se torna menor e dessa forma reduz-se a necessidade de espaço e consumo de combustível. A contra rotação é uma maneira de aumentar a potencia sem aumentar o diâmetro da hélice e anular o efeito de torque nos motores de alta potencia. O impulso é dividido entre os dois hélices, sendo assim, a carga em cada uma bem como seus diâmetros são reduzidos o que reduz significativamente os efeitos da cavitação. Outras vantagens

são o reduzido nível de ruído e a melhor manobrabilidade em baixas velocidades, o que é muito importante especialmente em portos e canais.

A contra rotação das hélices, também conhecido como hélices coaxiais contra rotativas, aplicam a potência máxima do pistão geralmente a um único motor turboélice ou a movimentação de duas hélices em rotação contrária.

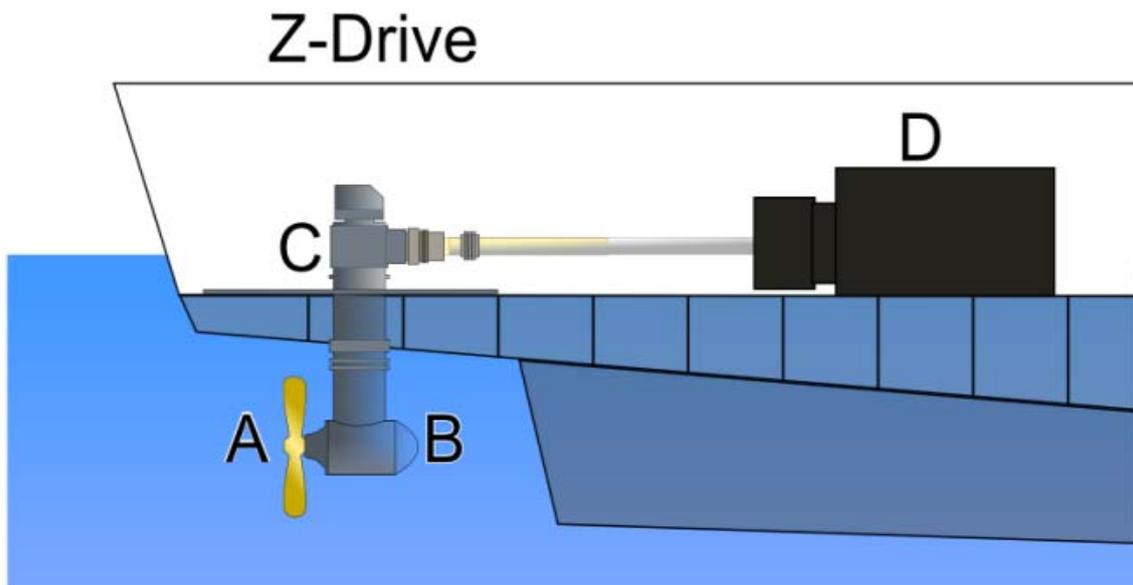
Duas hélices são dispostas uma atrás da outra, e a energia é transferida do motor através de uma engrenagem circular ou estimula a transmissão de engrenagens. Quando a velocidade é baixa a massa de ar que passa através do disco da hélice (pressão) faz com que uma quantidade significativa de fluxo de ar tangencie as lâminas giratórias. A energia desse fluxo de ar tangencial é desperdiçada em um único projeto-hélice. Para usar este esforço desperdiçado a colocação de uma segunda hélice atrás do primeiro aproveita o fluxo de ar perturbado.



Fig. 9: Exemplo de CRP Hélices Contra rotativas.

2.4 Z-Drive

O Z-drive é um tipo de unidade de propulsão marítima. Especificamente, é um propulsor azimutal. O “pod” pode girar 360°, permitindo mudanças rápidas na direção de impulso e, assim, direção da embarcação. Isso elimina a necessidade de um leme convencional. Esta forma de transmissão de energia é chamado de Z-drive, porque o movimento de rotação tem que fazer duas voltas ângulo reto, assemelhando-se, assim, a letra "Z". Tem a desvantagem de possuir duas “gearbox”, causando perdas.



2.5 L-Drive

O L-drive é um tipo de propulsor azimutal em que o “pod” é movido mecanicamente ao invés de eletricamente. O “pod” pode ser girado através de uma faixa de 360 graus, permitindo mudanças rápidas na direção da propulsão e eliminando a necessidade de um leme convencional. Esta forma de transmissão de energia é chamada uma L-drive, porque o movimento de rotação tem que fazer um

girar ângulo reto, parecendo, assim, um pouco com a letra "L". É mais vantajoso do que a Z-Drive por possuir apenas uma "gearbox", diminuindo as perdas.

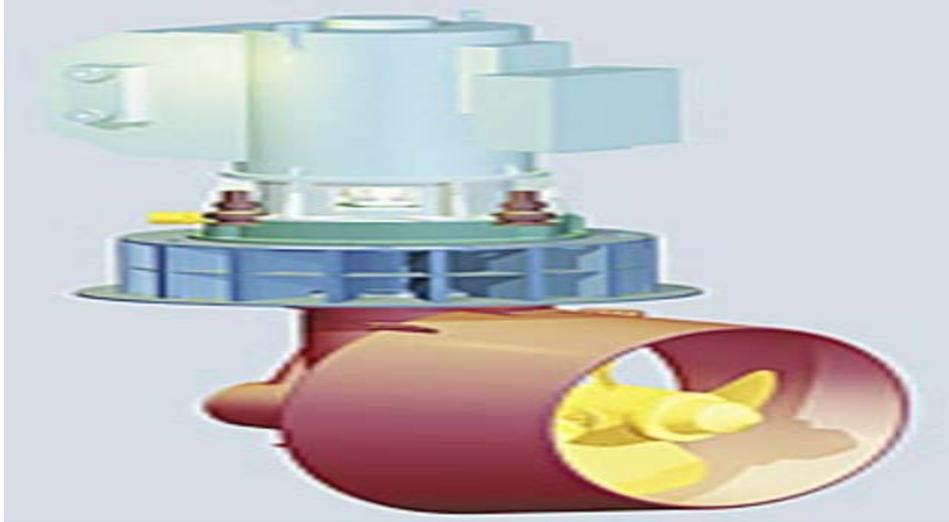


Fig. 10: Azimutal dutado com L-Drive.

3 PRINCIPAIS VANTAGENS DA PROPULSÃO ELÉTRICA

3.1 - Redução do Consumo de Combustível

Em embarcações de apoio marítimo com propulsão mecânica tradicional, a velocidade do motor é que define a rotação do hélice; conseqüentemente, dependendo do perfil de operação da embarcação, o motor pode não operar na faixa de rendimento ótimo, associado às altas velocidades. Isto significa desperdício de combustível e excessivo desgaste mecânico de acordo com Freire (2004).

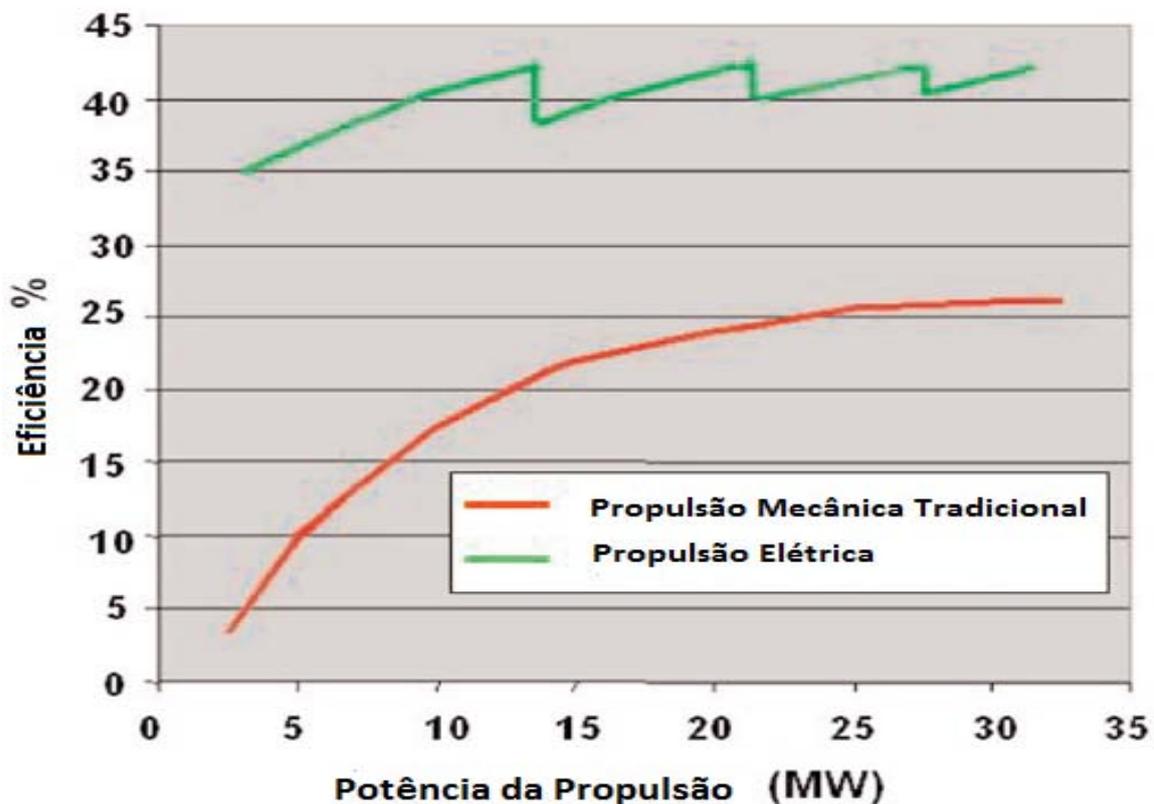


Fig. 11: diagrama de eficiência no consumo em relação a carga na propulsão.

Com o uso da propulsão elétrica, este problema é eliminado, e o motor primário pode operar no ponto de melhor rendimento independente da velocidade de rotação do hélice. Em virtude da extinção da conexão mecânica entre motor primário (que gera potência através da queima de combustível) e o eixo propulsor, não existe mais relação direta entre a velocidade do eixo do motor primário e a rotação do hélice. Segundo Whitman (2001), estimou-se a eficiência energética em

aproximadamente 17% melhor que em relação à propulsão convencional mecânica de acordo com Newell (2000, p.67-85). Nota-se (Fig. 11) que essa diferença de eficiência é maior em baixas e media cargas, situação propicia para as embarcações de apoio marítimo já que é o caso em que fica a maior parte do tempo, como veremos Fig. 12 abaixo:

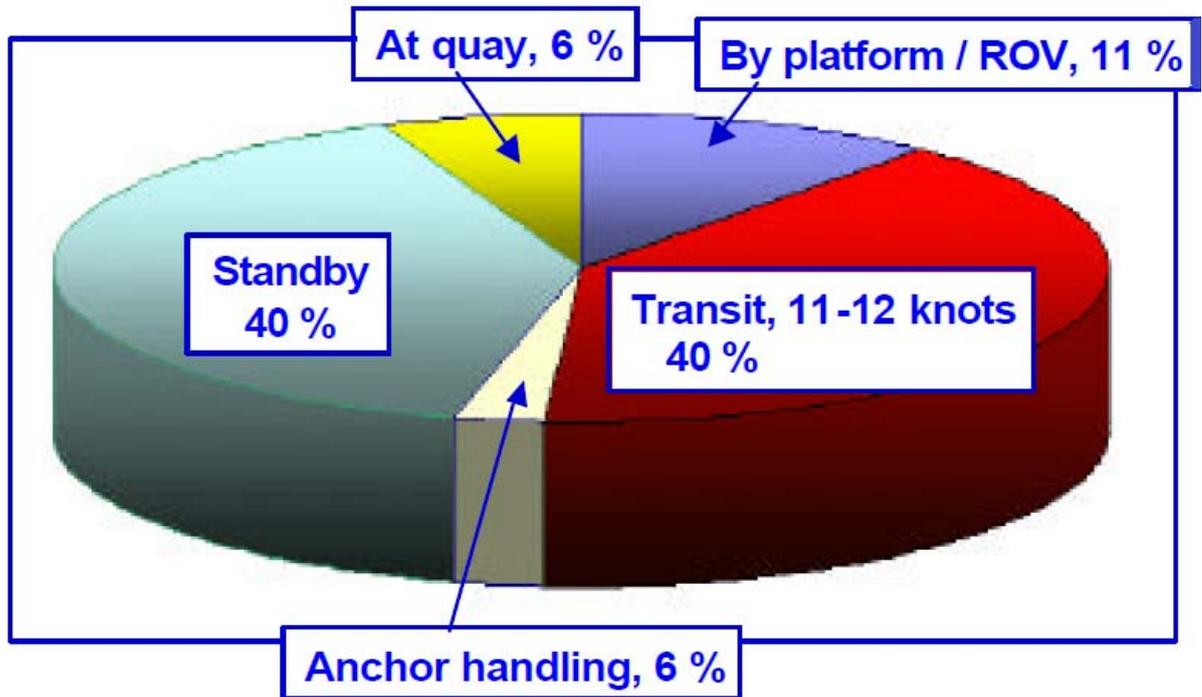


Fig. 12: Perfil do tempo de operações de Embarcações de apoio marítimo.

De acordo com a linha de pesquisa apresentada por Pereira (2006, p.12-27), que comparou três tipos de instalações propulsoras diferentes, para um mesmo navio gaseiro, durante um ano de operação, a Propulsão Elétrica foi a que apresentou os melhores resultados e as maiores vantagens em relação ao consumo de combustível Fig. 13.

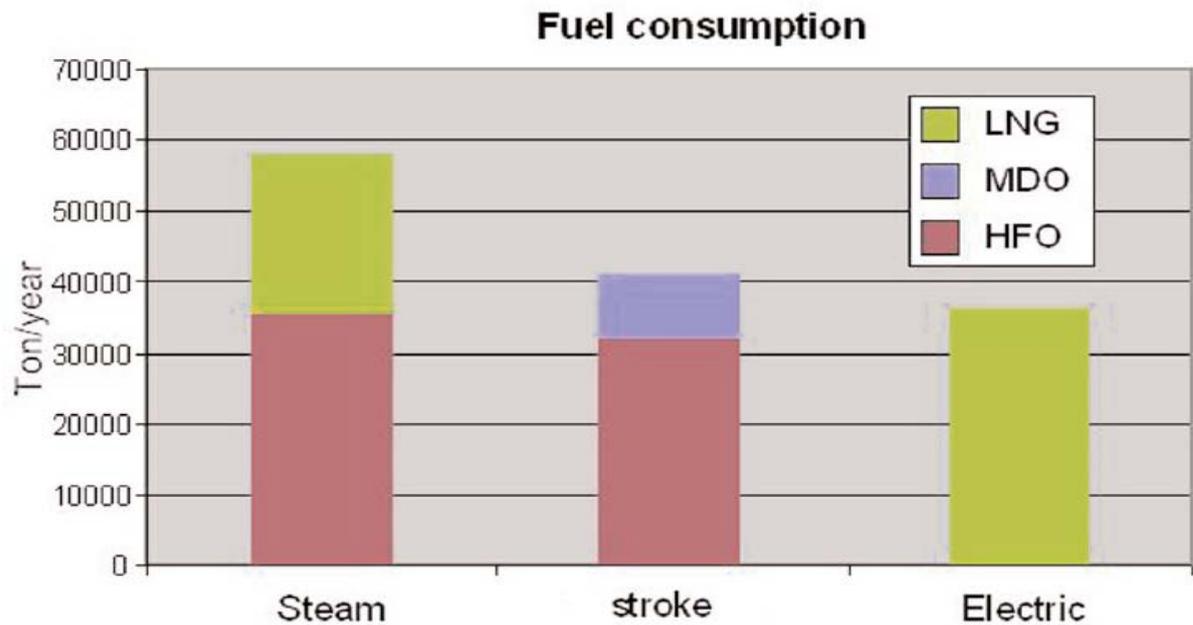


Fig. 13: Consumo de Combustível.

3.2 - Redução da Tripulação

A tendência para das futuras embarcações de Propulsão Elétrica é de uma ampla difusão de sistemas auxiliares e acessórios alimentados por eletricidade, em substituição aos sistemas mecânicos, hidráulicos e pneumáticos. Sistemas elétricos são mais fáceis de controlar à distância e possuem maior compatibilidade com controles eletrônicos. Esta tendência possibilita o incremento de automação, fator este considerado na elaboração do cartão de tripulação de segurança, como conseqüente deste temos a redução de tripulação, proporcionando adicional benefício através da redução de custo operacional.

3.3 - Flexibilidade do Projeto

Os equipamentos da propulsão elétrica são modulares e não precisam ser posicionados próximos uns aos outros (podem inclusive ser instalados em compartimentos diferentes). Dependendo do tamanho das máquinas, elas podem

ser instaladas nas partes mais altas do casco, deixando apenas o motor elétrico junto ao fundo do casco conectado ao propulsor.

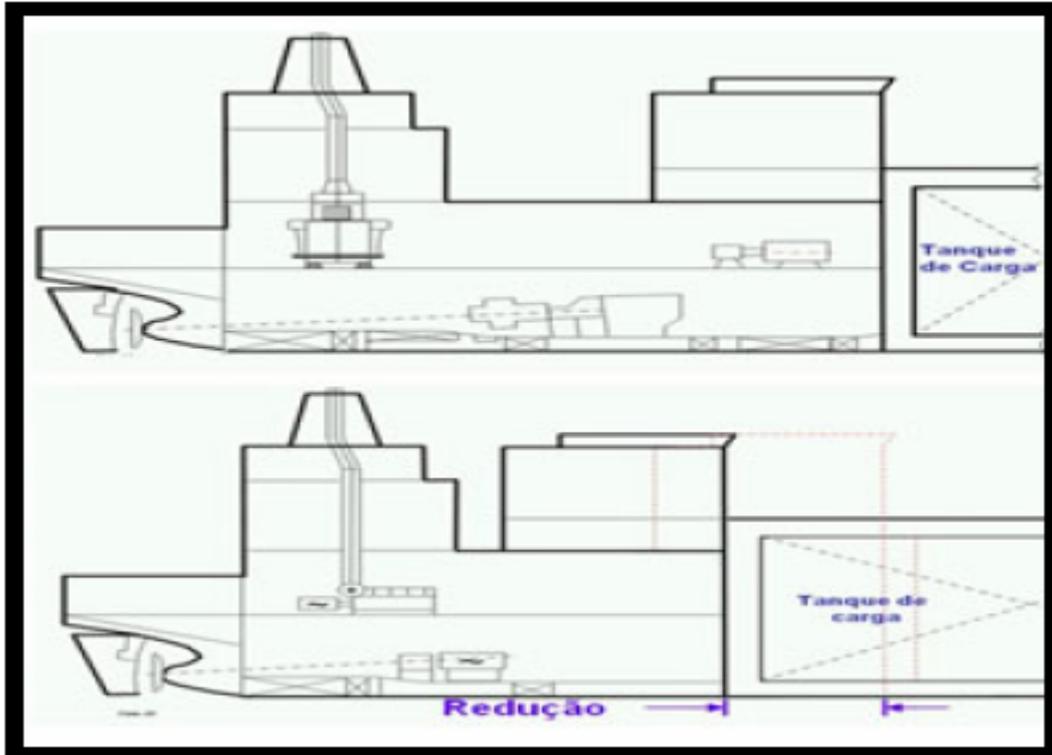


Fig. 14 – Distribuição dos Equipamentos na Praça de Máquinas.

Observa-se na Fig. 14 e Fig. 15 um ganho no espaço destinado ao transporte de cargas reposicionando a máquina diesel no convés superior, e desta forma, reduz-se o volume ocupado pelos dutos de admissão e exaustão dos motores. Como resultado desta flexibilização, torna-se desnecessário concentrar equipamentos em praças de máquinas principais; sendo possível espalhar os compartimentos de máquinas pela embarcação de apoio marítimo, em áreas menos críticas, com um aproveitamento otimizado do espaço disponível a bordo.

Nas embarcações com propulsão elétrica não são necessários motores auxiliares. Toda energia demandada pela embarcação será gerada pelos motores diesel. Esta diminuição na quantidade de motores também provoca redução de custos e economia de espaço.

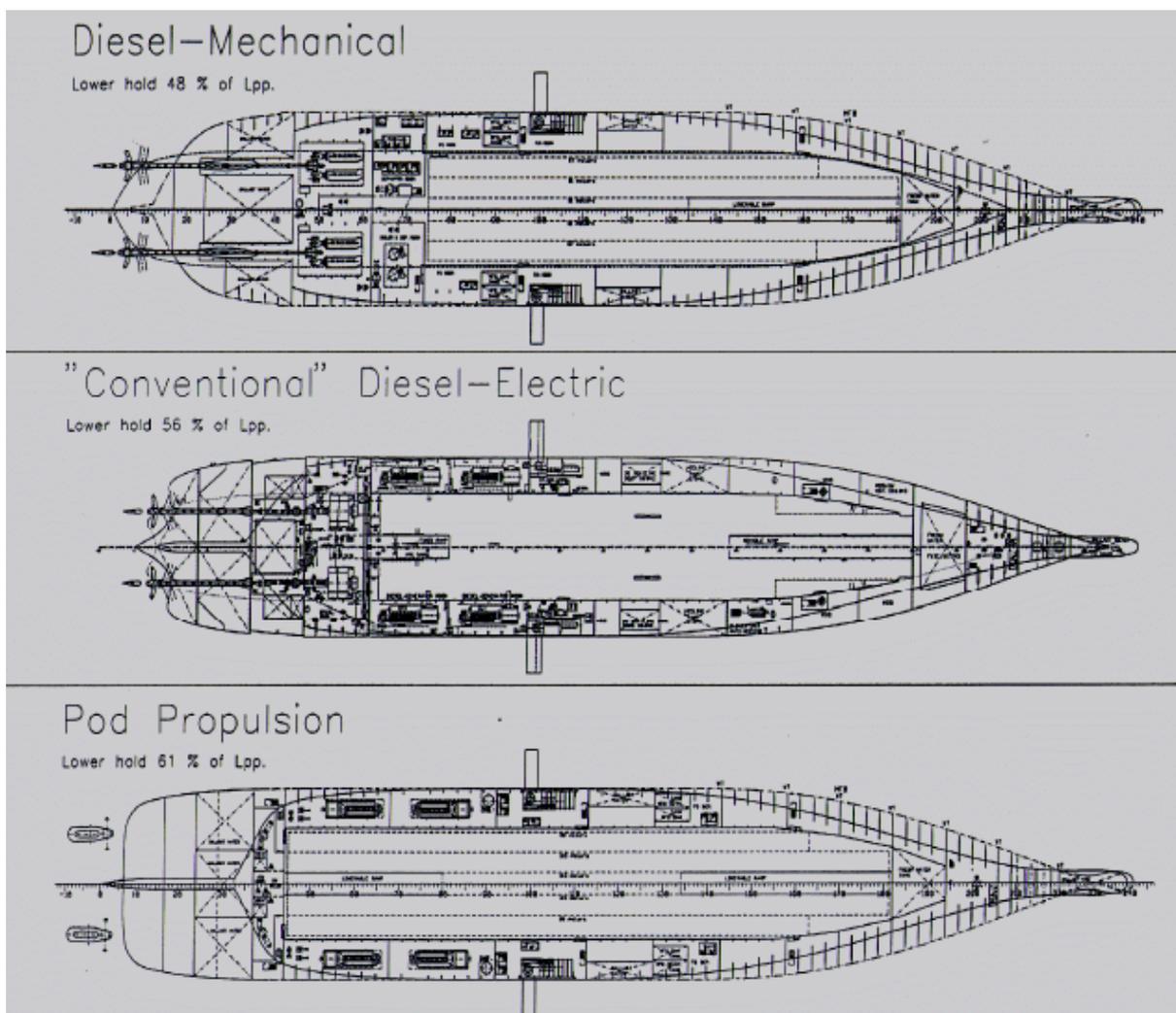


Fig. 15 – Disposição de distribuição em embarcações de propulsão elétrica e mecânica e embarcações de propulsão diesel elétrica tipo POD.

A modularidade do sistema permite também que em altas velocidades sejam utilizados todos os dispositivos de acionamento principal e, nas velocidades econômicas sejam desligados os que não forem necessários.

3.4- Favorecimento das redundâncias dos sistemas

A modularidade e a flexibilidade proporcionam um sistema de geração de energia e de sistemas redundantes, distribuídos e reconfiguráveis. Conseqüentemente os danos em um compartimento de máquinas, seja provocado por incêndio, alagamento, colisão ou simples mau funcionamento, podem facilmente ser detectados e "by-passados", mantendo-se o funcionamento do sistema para o

afastamento de uma unidade, por exemplo. A facilidade para o redirecionamento da energia elétrica a bordo, possibilita uma gama de possibilidades de ações para minimizar os efeitos decorrentes de múltiplas falhas simultâneas, propiciando redundâncias.

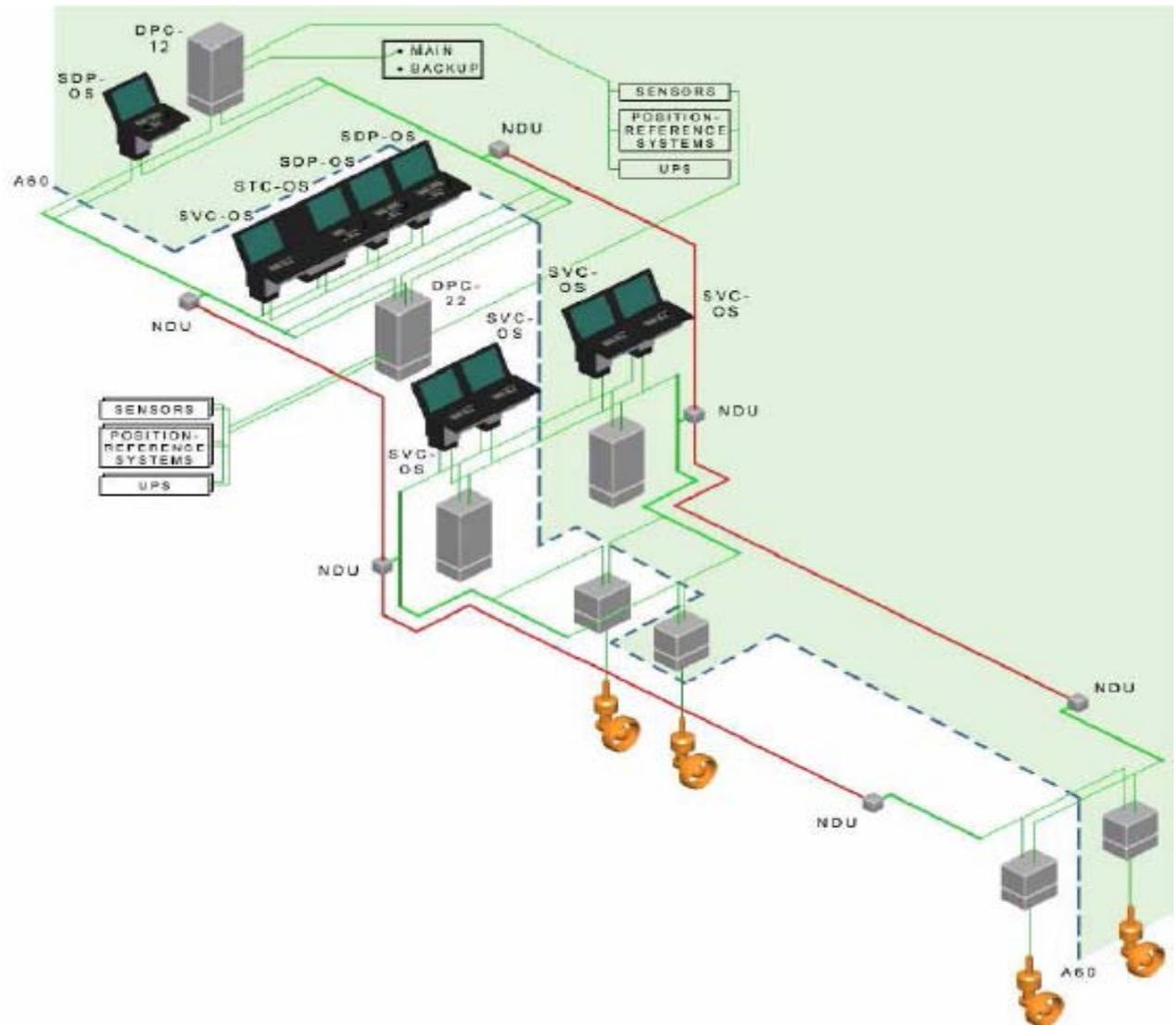


Fig. 16- Arquitetura do sistema de controle com redundância.

3.5 - Aumento da Vida Útil das embarcações

As embarcações de apoio modernos incorporam cada vez mais sensores e equipamentos auxiliares de razoável complexidade tecnológica, que os tornam muito mais versáteis do que as embarcações de gerações anteriores. Já os investimentos necessários para a aquisição destes meios têm crescido numa progressão ainda

maior, tornando difícil justificar este gasto considerando o tempo de vida útil das embarcações tradicionais para Arrington (1998, p.23-28).

Com o evento do incremento da automação dos sistemas, nas décadas de 80 e 90, mais equipamentos elétricos e eletrônicos estão sendo incorporados nas embarcações, aumentando a demanda por energia elétrica. Isto vem fazendo com que os geradores instalados a bordo sejam de potência mais elevada, a fim de suprir a demanda já instalada e manter uma reserva para crescimento futuro, como por exemplo o ROV.

Com a propulsão elétrica, o cenário muda radicalmente. Os geradores de bordo alimentam simultaneamente a propulsão e os sistemas auxiliares, através de um sistema de distribuição redundante e reconfigurável. Os motores são dimensionados para atender a embarcação em carga máxima, com todos os sistemas vitais em operação. Com isto, em velocidade normal, a embarcação possui capacidade de geração em excesso, capaz de atender todos os usuários com folga, assimilando sem dificuldades as substituições ou inclusões futuras de novos equipamentos ou sistemas.

As embarcações de apoio marítimo projetadas com propulsão elétrica podem ter vida útil maior, da ordem de 50 anos, contra 25 ou 40 anos dos navios com propulsões tradicionais.

3.6 - Redução dos Custos de Manutenção

A viabilidade da existência de uma tecnologia comum dentre as diversas plataformas navais, com a adoção da Propulsão Elétrica, possibilitará a coordenação do desenvolvimento e aplicação de modelos comuns, ferramentas de projetos, métodos de fabricação, novos materiais, componentes, sistemas, contribuindo para significativas reduções no risco do projeto e maximizando os custos e a logística. Uma vez que com a adoção da Propulsão Elétrica não são necessários motores auxiliares, esta redução na quantidade de equipamentos instalados resulta numa diminuição dos custos de manutenção. Associado a este fato, sabe-se que os equipamentos elétricos apresentam custos e períodos menores de manutenção e devido à elevada automação dos sistemas elétricos, as manutenções preditiva e

preventiva são ferramentas eficazes para a redução dos custos totais de manutenção.

3.7 - Redução da Emissão de Poluentes

Atualmente existe no mundo uma pressão, pelos órgãos ambientais, para que as mesmas em seus projetos de futuras embarcações, e também em relação aquelas já em funcionamento, apresentem uma redução na quantidade de poluentes emitidos durante a realização das operações. Todos os tipos de poluentes emitidos (gasosos, líquidos ou sólidos) estão sendo cada vez mais monitorados e as legislações (ex: MARPOL) estão sendo elaboradas com requisitos mais rigorosos.

Em decorrência das pressões internacionais busca-se utilizar cada vez menos combustíveis fósseis. As emissões de gases poluentes oriundas da queima de óleo diesel e gasolina são os maiores responsáveis pelo efeito estufa. Neste contexto, a propulsão elétrica está sendo fortemente indicada para embarcações de apoio marítimo.

Durante a operação com embarcações de apoio marítimo, deve-se sempre levar em conta os aspectos ambientais do transporte. Neste sentido, a utilização da propulsão elétrica apresenta vantagens em relação à propulsão mecânica, tais como:

- Redução das emissões de gases poluentes oriundos da queima do óleo diesel;
- Menor utilização de insumos que podem gerar resíduos poluidores; e
- Menor emissão de ruídos durante as viagens.

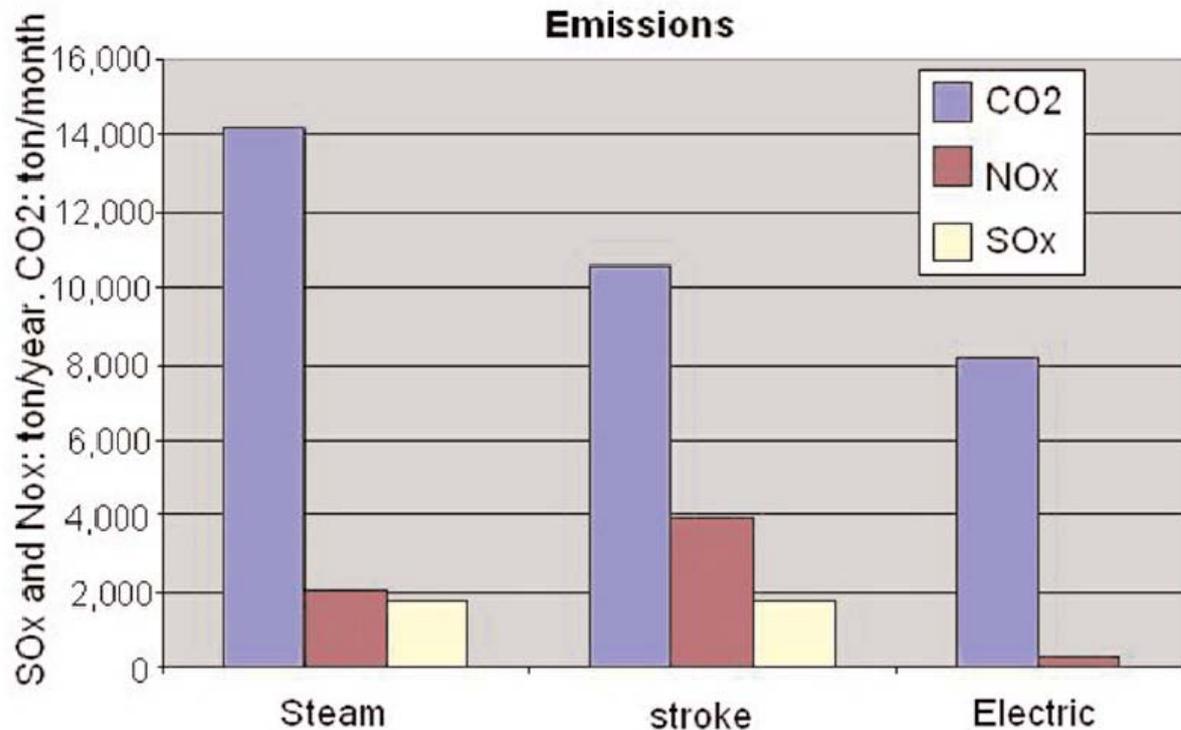


Fig. 17: Emissão de poluentes.

De acordo com a linha de pesquisa apresentada em Pereira (2006) a Fig.17, apresenta claramente que a Propulsão Elétrica gera menos gases poluentes que os sistemas convencionais (que operam somente com turbinas a vapor ou motores diesel), pois o motor diesel opera constantemente no ponto ótimo de projeto, o que proporciona uma redução no consumo de combustível e conseqüentemente uma menor liberação de gases poluentes (ex: CO₂ - Dióxido Carbônico, NO_x – Óxido de Nitrogênio e SO_x – Óxido de Enxofre) durante as operações. É interessante destacar que o modelo utilizado na pesquisa considerou também a geração de gases durante a operação portuária e tempos com a embarcação parada e durante as viagens.

No futuro a tendência seria, não somente os poluentes emitidos durante a vida operativa da embarcação serão controlados, mas também todos aqueles produzidos durante a sua construção até o encerramento do período operativo do meio (desativação do meio naval). É uma nova filosofia, ainda de difícil aplicação prática, mas que está ganhando muita força nos dias atuais, devido à atitudes políticas de interesse mundial .

3.8 - Redução da Assinatura Acústica

Na Propulsão Elétrica não é necessário haver o alinhamento das máquinas acionadoras principais com as linhas de eixo, tornando, portanto desnecessária a utilização de engrenagens redutoras. A eliminação desta engrenagem contribui significativamente para a redução nos níveis de ruído e vibração, garantindo desta forma uma significativa diminuição da assinatura acústica do meio, reduzindo também o custo de construção com a eliminação das linhas de eixo e redutora.

Além disto, os motores elétricos apresentam menor nível de ruído irradiado, devido às suas características construtivas e, portanto, não produzem tanta vibração e ruído quanto os equipamentos mecânicos.

E à medida que os sistemas e equipamentos que atualmente são mecânicos forem substituídos pelos elétricos, ocorrerá à diminuição da assinatura acústica emitida, podendo aumentar assim, o conforto acústico da tripulação.

CONCLUSÃO

Como foi visto neste trabalho, a aplicação da propulsão elétrica é uma boa alternativa em relação a propulsão mecânica tradicional em embarcações de apoio marítimo.

O sucesso nas tentativas recentes, de aumentar a densidade de potência dos motores elétricos empregados neste tipo de propulsão, permite que embarcações de apoio marítimo possam se beneficiar das vantagens inerentes ao uso da propulsão elétrica.

Algumas vantagens associadas à adoção do acionamento elétrico são listadas a seguir:

- Excelente controle de velocidade e torque em toda faixa de velocidade;
- Facilidade para adoção de controles automáticos e remotos;
- Flexibilidade do Projeto
- Favorecimento das redundâncias dos sistemas
- Redução dos Custos de Manutenção
- Redução da Emissão de Poluentes
- Redução do ruído do motor e da vibração transmitida do eixo ao hélice; e
- Flexibilidade no gerenciamento da distribuição da potência em operações normais e rápida recuperação após a detecção de defeitos (incêndios, alagamentos e outros tipos de falhas).

REFERÊNCIAS

ADNANES, Alf Kåre. **Maritime Electrical Installations And Diesel Electric Propulsion.** Disponível em: <[http://www05.abb.com/global/scot/scot293.nsf/veritydisplay/c348ae87dd99ce5cc12574e30023fede/\\$file/maritime%20el%20installations%20and%20de%20propulsion.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot293.nsf/veritydisplay/c348ae87dd99ce5cc12574e30023fede/$file/maritime%20el%20installations%20and%20de%20propulsion.pdf)> Acesso em 05 Janeiro de 2012.

ARRINGTON, J., W. **The Analysis of Components, Designs, and Operation for Electric Propulsion and Integrated Electrical System, Master of Science in Electrical Engineering, Naval Postgraduate School (NPS).** Monterey. California, USA, 1998.

FREIRE, P., R., M., FERREIRA, C., L.. **Propulsão Elétrica – Histórico e Perspectivas Futuras.** 20º Congresso Nacional de Transporte Marítimos. Construção Naval e Offshore – EXPONAVAL 2004, Sociedade Brasileira de Engenharia Naval – SOBENA.

HARRINGTON, R.L., **Reliability and maintainability analyses of shipboard systems.** In: Marine Technology. Society of Naval Architects and Marine Engineers SNAME. New York, EUA. 1970.

PÊGO, J., LIENHART, H., DURST, F. BRADRAN, O., **Construction of a test facility for the research of ship propulsion systems.** Emirates Journal for Engineering Research, 10 (2), 1-8. 2005.

PEREIRA, N., N., BRINATI, H., L. **Estudo do Impacto da Propulsão Diesel-Elétrica Na Emissão de Gases Poluentes.** 22º Congresso Nacional de Transporte Marítimos, Construção Naval e Offshore – EXPONAVAL 2006, Sociedade Brasileira de Engenharia Naval – SOBENA.

MCCOY, T., J. **Trends in Ship Electric Propulsion Power Engineering Society Summer Meeting.** Vol. 1, pp. 343-346, IEEE, 2002.

NEWELL, J., M., YOUNG, S., S. **Beyond Electric Ship.** Transactions IMarE, Vol. 112, 2000.

SMITH, S., WILLIAMSON, S., HODGE, C. **Direct Drive Marine Propulsion Motors.** ICEM Conference, Brugge. 2002

WHITMAN, E., C. **The IPS Advantage. Electric Drive: A Propulsion System for Tomorrow's Submarine Fleet?.** Seapower Magazine, Julho, 2001.