

**DANIEL MESQUITA DE ARAÚJO**

**EFICIÊNCIA DA PROPULSÃO ELÉTRICA NOS NAVIOS**

Monografia apresentada como parte dos requisitos para a conclusão Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Náutica - APNT, ministrado no Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: CLC Orlando Carlos Souza da Rocha

Rio de Janeiro  
2013

**DANIEL MESQUITA DE ARAÚJO**

**EFICIÊNCIA DA PROPULSÃO ELÉTRICA NOS NAVIOS**

**Orientador (a): CLC Orlando Carlos Souza da Rocha**

Banca Examinadora (apresentação oral):

---

---

---

Nota: \_\_\_\_\_

Nota Final: \_\_\_\_\_

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Primeiramente, Obrigado meu Deus por mais uma conquista em minha vida.

Dedico a todos meus familiares e amigos, especialmente minha mãe Sra. Vilma Mesquita de Araújo pelos ensinamentos de vida, motivação, superação e a educação familiar que sempre me proporcionou, meu falecido pai o Sr. Coronel Aviador da FAB José Raimundo de Araújo pelo exemplo de homem e ao meu irmão CCB Ricardo R. Mesquita de Araújo pelo apoio prestado.

Dedico também, com muito amor e carinho à minha namorada Priscila Poncelet. Sempre minha aliada nos momentos mais felizes e difíceis em minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus professores e colegas formandos do curso de APNT/2013 no CIAGA, pelos excelentes padrões de ensinamento durante todo curso, convívio, incentivo e espírito de equipe.

À 1Ten Raquel da Costa Apolaro pelo apoio prestado na estruturação desse trabalho.

Agradeço muito a toda equipe da Ponte de Comando da SS Amazônia por cobrirem a minha escala no serviço para minha participação no curso, sendo os Comandantes Cesar Vallaperde e João Gabriel, Assistentes de Barge Carlos Ribeiro e Gilson da Silva, DPO's Bruno Medeiros, Henderson Lucena, Felipe Barreto, Marcio Rangel, Willian Delfino, Ewerton da Matta e Vanessa Calixto.

A toda minha família e amigos que me incentivaram e de alguma forma contribuindo para minha formação social e principalmente acadêmica na qual me tornou um homem do mar com muito orgulho.

*Existem três tipos de homens: os mortos, os vivos e os que “andam”  
no mar.*

*(PLATÃO)*

## RESUMO

Diante da demanda no atual cenário marítimo mundial, foi necessário investimento na inovação dos sistemas de propulsão das embarcações visando melhorias. A solução inclui os propulsores com motores elétricos com rotação variável através de inversores de frequência, substituindo o sistema mecânico de mudança de ângulo das pás da hélice.

O trabalho relata a eficiência da 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 e comparação de propulsão.

## **ABSTRACT**

Given the demand in today's maritime world, it was necessary investment in innovation propulsion systems for vessels aiming improvements. The solution includes the engines with electric motors with variable speed by frequency inverters, replacing the mechanical system of change of angle of the propeller blades.

The study reports the efficiency of diesel electric propulsion thrusters and their types, showing advantages of the latter over the former as a reduction of fuel consumption, reduced crew, design flexibility, favoring redundancy systems, increasing the life of the vessels, reducing maintenance costs and reduced emissions.

**Keywords:** electric propulsion and offshore support vessel.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Maior hélice do mundo .....	13
Figura 2: Motor de combustão como acionador do eixo .....	14
Figura 3: PSV com propulsão Diesel elétrica. ....	15
Figura 4: PSV CBO Manoella.....	15
Figura 5: Exemplo de propulsor de passo controlável. ....	16
Figura 6: Sistemas de propulsão seguros até 30.000 KW.....	16
Figura 7: Navio sísmico COSL 720.....	17
Figura 8: EGV "Berlin" & "Frankfurt" (Navio de guerra Alemão) .....	18
Figura 9: Unidades típicas de SCP Hélices de passo controlável - Tipo XG. ....	19
Figura 10: Unidades típicas de SCP Hélices de passo controlável - Tipo XW .....	19
Figura 11: Unidades típicas de SCP Hélices de passo controlável - Tipo ZG .....	20
Figura 12: MV Mazarine (Navio Mercante) .....	20
Figura 13: Azipod.....	21
Figura 14: Sistema de controle do Azipod.....	22
Figura 15: Terceira geração de sistemas de Azipod. ....	23
Figura 16: Visão interna do Azipod .....	23
Figura 17: SRP Rudder Propeller .....	24
Figura 18: Navio sísmico de pesquisa WG COLUMBUS .....	25
Figura 19: Navio Quebra gelo "Tulpar".....	26
Figura 20: Twin Propeller .....	27
Figura 21: Propulsor azimutal com duplo hélice .....	27
Figura 22: Offshore Supply Vessel .....	30
Figura 23: Balsa Dupla "Dryna" .....	30
Figura 24: Exemplo de CRP Hélices Contra rotativas. ....	32
Figura 25: Azimutal tipo Z-Drive. ....	32
Figura 26: Azimutal tipo L-Drive.....	33
Figura 27 - STT Propulsores transversais .....	33
Figura 28: Navio de Passageiro "Zi yu Lan". ....	35
Figura 29: Diagrama de eficiência no consumo em relação a carga na propulsão .....	36
Figura 30: Distribuição dos Equipamentos na Praça de Máquinas. ....	37
Figura 31: Comparação de distribuição dos equipamentos na praça de máquinas .....	38
Figura 32 - Arquitetura do sistema de controle com redundância. ....	39



Figura 33: Emissão de poluentes. ....	41
Figura 34: Painel de comando dos <i>thrusters</i> numa plataforma DP. ....	43
Figura 35: Painel de acionamento dos Thrusters numa plataforma DP.....	44
Figura 36: Comando e acionamento dos <i>Thrusters</i> pelo CJOY.....	45

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>1 ENTENDIMENTO BÁSICO DA PROPULSÃO ELÉTRICA</b> .....	12
<b>2 INFORMAÇÕES E CURIOSIDADES SOBRE HÉLICE</b> .....	13
<b>3 COMPARAÇÃO ENTRE A PROPULSÃO MECÂNICA E ELETRICA</b> .....	14
<b>4 PROPULSORES ESPECIAIS ELÉTRICOS</b> .....	16
4.1 Passo Controlável.....	16
4.2 Propulsor Azipod.....	21
4.2.1 terceira geração sistemas de azipod .....	22
4.3 Hélices duplas .....	26
4.4 STP Twin Propeller.....	27
4.4.1 Mais potência – com velocidade.....	28
4.4.2 O princípio de funcionamento do STP .....	28
4.4.3 o princípio hidrodinâmico .....	28
4.4.4 o princípio mecânico / vantagens .....	29
4.5 CRP hélices contra rotaturas .....	31
4.6 Z Drive .....	32
4.7 L Drive .....	32
4.8 Propulsores Transversais .....	33
<b>5 PRINCIPAIS VANTAGENS DO SISTEMA DIESEL ELETRICO</b> .....	36
5.1 Redução do Consumo de Combustível.....	36
5.2 Redução da Tripulação .....	36
5.3 Flexibilidade do Projeto .....	37
5.4 Favorecimento das redundâncias dos sistemas.....	38
5.5 Aumento da Vida Útil das embarcações.....	39
5.6 Redução dos Custos de Manutenção.....	40
5.7 Redução da Emissão de Poluentes.....	40
5.8 Redução da Assinatura Acústica e vibração .....	42
<b>6 PAINEL DE ACIONAMENTO DOS THRUSTERS EM UMA PLATAFORMA SEMI SUBMERSIBLE E SUAS FUNCIONALIDADES NO SISTEMA DP</b> .....	43
6.1 – Controle do CJOY no sistema DP (Sala de “back up”).....	45
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	47
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	48

## INTRODUÇÃO

O tema abordado trata-se dos tipos, eficiência e outras vantagens da Propulsão Elétrica que a cada ano vem se difundindo fortemente nos diversos setores da indústria marítima, e está se estabelecendo como uma das melhores e mais atrativas opções para promover a redução dos custos operacionais, tão desejada neste ambiente altamente competitivo. Inicialmente adotada em projetos de quebra-gelos e navios especializados, a Propulsão Elétrica tem conquistado novos mercados. Ela já é padrão nos mais modernos navios comerciais de cruzeiro. Por outro lado, diversas Marinhas do mundo também se voltam para a Propulsão Elétrica na busca de alternativas de projeto que tornem seus navios mais preparados para as atividades militares, adaptando-se à nova realidade, quase unânime em nível global, de restrição orçamentária na área de defesa. A Marinha Americana (USN) e a Inglesa (RN) saíram na frente e investem elevados recursos na pesquisa e construção de novos navios de superfície com propulsão efetuada pelo acionamento elétrico.

A energia elétrica possui como característica de maior importância a versatilidade de poder ser convertida para corrente contínua (CC) ou alternada (CA), inclusive com diferentes níveis de tensão e de frequência. Esta capacidade de conversão, propiciada pela Eletrônica de Potência, é fundamental para o crescimento das já numerosas aplicações da eletricidade em sistemas e equipamentos a bordo de navios.

Outro fato que colabora para a intensiva necessidade da eletricidade disponível a bordo é a crescente demanda por energia elétrica, que nos dias atuais, dependendo da finalidade do meio naval, pode alcançar valores da ordem de 100 MW.

No futuro, graças aos avanços na área de Eletrônica de Potência, os sistemas elétricos dos navios serão totalmente diferentes daqueles existentes nos dias atuais.

# CAPÍTULO 1

## ENTENDIMENTO BÁSICO DA PROPULSÃO ELÉTRICA

*Propulsion* (“Propulsão”) é o mecanismo, ou sistema, necessário para se “vencer” a resistência imposta pela água e o ar à passagem do navio no meio fluido. O elemento responsável por desenvolver o empuxo, ou força, necessário para superar a resistência chama-se propulsor (*Propeller* ou *Thruster*).

Após anos de projetos e aprovações de sistemas dos mais diversos tipos de propulsão marítima, venho a tecnologia da Propulsão Elétrica, que não está sendo considerada simplesmente como o resultado da evolução natural de tecnologias já em uso, e sim como uma das maiores revoluções na área de engenharia naval desde o desenvolvimento da propulsão nuclear. As consequências de sua implementação são refletidas no projeto, fabricação, apoio e operação, com a adoção de novas filosofias, de forma a permitir a exploração de todas as potencialidades deste tipo de propulsão.

A propulsão elétrica utiliza energia elétrica para acelerar o propelente e produzir empuxo. As fontes de energia elétrica (painéis solares, baterias, etc.) são, normalmente, separadas do mecanismo que produz o empuxo. Os processos fornecem altas velocidades de ejeção e um baixo consumo de combustível, durante períodos muito longos. Entretanto, os empuxos são baixos e as fontes de energia podem ser relativamente pesadas. Existe, em alguns casos, a necessidade de neutralizar eletricamente os jatos depois que deixam a tubeira, para evitar o desenvolvimento de cargas eletrostáticas na estrutura do propulsor. Pode-se dividir a propulsão elétrica em três tipos, dependendo dos mecanismos principais que realizam a aceleração do propelente: eletrotérmico, eletrostático e eletromagnético. Exemplos destes dispositivos são: o propulsor a jato, o propulsor iônico e o propulsor de plasma pulsado (PPT – Pulsed Plasma Thruster), respectivamente. Cabe notar que alguns dispositivos podem apresentar combinações de mecanismos de aceleração, entretanto, a escolha de uma determinada categoria advém da predominância de um mecanismo sobre o outro.

## CAPÍTULO 2

### INFORMAÇÕES E CURIOSIDADES SOBRE HÉLICE

O hélice será usado nos novos mega navios de contêineres do grupo dinamarquês Maersk, a maior companhia de transporte marítimo do mundo. Quem passa fica espantado com o hélice de 131 toneladas e 9.6 metros de diâmetro que espera o seu transporte noturno em Rostock-Warnemuende, na Alemanha. O hélice, de seis pás, foi construída na Mecklenburger Metallguss GmbH, em Waren, na Alemanha.

Um hélice de seis pás pesando 131 toneladas segue em direção ao estaleiro dinamarquês de Lindø, Odense Steel Shipyard, pertencente ao grupo A.P. Møller Mærsk. Foi concebido para propulsionar o primeiro navio com capacidade para cerca de 12.000 TEU (12 mil contêineres), em construção na doca L-203. Será equipado com um motor 14RT-flex96 Sulzer de 14 cilindros, cuja potência rondará os 120.000 BHP [88.235 kW], o que o permitirá sulcar as águas a 26 nós. Estes novos mega-navios vêm provar que o Grupo Maersk pretende continuar na vanguarda do *container shipping*, já que durante os últimos 20 anos têm construídos os maiores porta-contêineres antes de qualquer outro armador.



Figura 1: Maior hélice do mundo

Fonte: [www.autoracing.com.br/forum/index.php?showtopic=48353](http://www.autoracing.com.br/forum/index.php?showtopic=48353)

## CAPÍTULO 3

# COMPARAÇÃO ENTRE A PROPULSÃO MECÂNICA E ELETRICA

Nos navios dotados de Propulsão Mecânica tradicional, a rotação do hélice é definida pela rotação do motor diesel, 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 uma turbina a vapor, um motor diesel, ou uma turbina a gás, é acoplado diretamente ao eixo propulsor do navio através da engrenagem redutora.

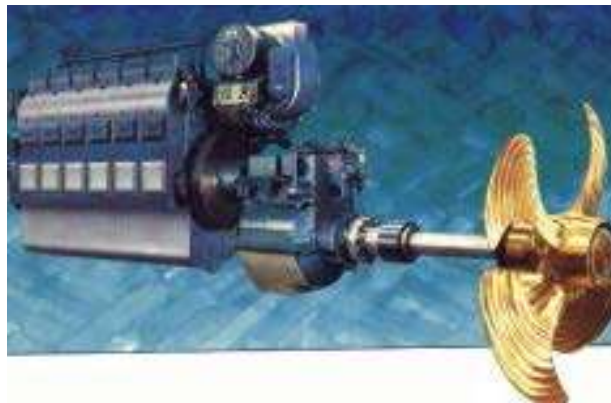


Figura 2: Motor de combustão como acionador do eixo  
Fonte: DIAS, Roberto Tadeu Carneiro. Monografia APMA CIAGA, 2012.

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 dos sistemas auxiliares de bordo.

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. 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.



## CAPÍTULO 4

# PROPULSORES ESPECIAIS ELÉTRICOS

Nos sistemas de propulsões especiais elétricos, basicamente, existe um determinado número de geradores capazes suprir a demanda de energia de todos os equipamentos elétricos da embarcação. As unidades de propulsão (thrusters, propulsores, etc.) são acionadas localmente através de motores elétricos. Todo o sistema do navio é interligado através de cabos de força e de comando. Sendo assim, existem os propulsores:

### 4.1 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.



Figura 5: Exemplo de propulsor de passo controlável.  
Fonte: [www.schottel.de/marine-propulsion](http://www.schottel.de/marine-propulsion).



Figura 6: Sistemas de propulsão seguros até 30.000 KW.  
Fonte: [www.schottel.de/marine-propulsion](http://www.schottel.de/marine-propulsion).



Os hélices de passo variável da Schottel (SCP) são a solução ideal quando se necessita de máxima eficiência em mudanças de velocidade e cargas, e paralelamente, de uma grande capacidade de manobra. Independentemente de tratar-se de grandes embarcações, navios porta container, navios de cargas pesadas elevador (Heavy Lift Vessels) ou navios de apoio (Offshore supply Vessels). O espectro de potência se estende de 1000 kW até 30.000 kW desde que o tamanho dos propulsores varie de 1,5 e 8 metros.

A estrutura simples do SCP proporciona extrema comodidade na operação e seu design robusto reduz ao máximo a manutenção, contribuindo significativamente para prolongar a vida útil do equipamento.

O modo de operação ao contrário dos hélices de passo fixo convencionais, no SCP as pás giram em torno do seu próprio eixo e seu passo pode ser ajustado variável e continuamente da propulsão zero para avante e ré. Através de modernos sistemas de cálculo o SCP é otimamente projetado as condições hidrodinâmicas do casco do navio, onde se atenta a máxima eficiência e a mínima emissão de ruídos.

Vantagens de que:

- a) maior força de empuxo durante mudanças de velocidade e cargas;
- b) não necessita de caixa reversora;
- c) manobrabilidade aperfeiçoada;
- d) manutenção simples devido ao design robusto;
- e) operação fácil;
- f) pacote de propulsão disponível.

Abaixo, a figura 7, mostra um Navio Sísmico com SCP hélices de passo controlável e alguns detalhes de sua embarcação:



Figura 7: Navio sísmico COSL 720.

Fonte: [www.schottel.com](http://www.schottel.com).

Propulsão principal: 2 x SCP 109/4-XG (4,500 kW cada)

Propulsão auxiliar: 1 x STT 4 CP (1,200 kW) 1 x SRP 1212 ZSV CP (1,500 kW)

Estaleiro: Shanghai Shipyard Co. Ltd.

Proprietário: China Oilfield Services Ltd.

O Navio Sísmico COSL 720 foi construído no estaleiro Shanghai Shipyard Co. Ltd. Sendo uma embarcação de propriedade da empresa China Oilfield Services Ltd. Seu arranjo na maquina é dotado pelos motores de Propulsão principal: 2 x SCP 109/4-XG (4,500 kW cada) e Propulsão auxiliar: 1 x STT 4 CP (1,200 kW) 1 x SRP 1212 ZSV CP (1,500 kW).

Abaixo, a figura 8 mostra um Navio de guerra com SCP hélices de passo controlável e alguns detalhes de sua embarcação:



Figura 8: EGV "Berlin" & "Frankfurt" (Navio de guerra Alemão)

Fonte: [www.schottel.com](http://www.schottel.com).

Propulsão principal: 2 x SCP 141-4XG (5,280 kW cada);

Estaleiro: Flensburger Schiffbau-Gesellschaft, Germany;

Proprietário: Germany Navy.

O Navio de guerra Alemão EGV "Berlin" & "Frankfurt" foi construído no estaleiro Flensburger Schiffbau-Gesellschaft na Alemanha. Sendo uma embarcação de propriedade da Marinha de Guerra Alemã. Seu arranjo na maquina é dotado pelos motores de Propulsão principal: 2 x SCP 141-4XG (5,280 kW cada)

Nas figuras 9, 10, 11 vemos o detalhamento da montagem dos três diferentes tipos de unidades de SCP Hélices de passo controlável:

### “Tipo XG”

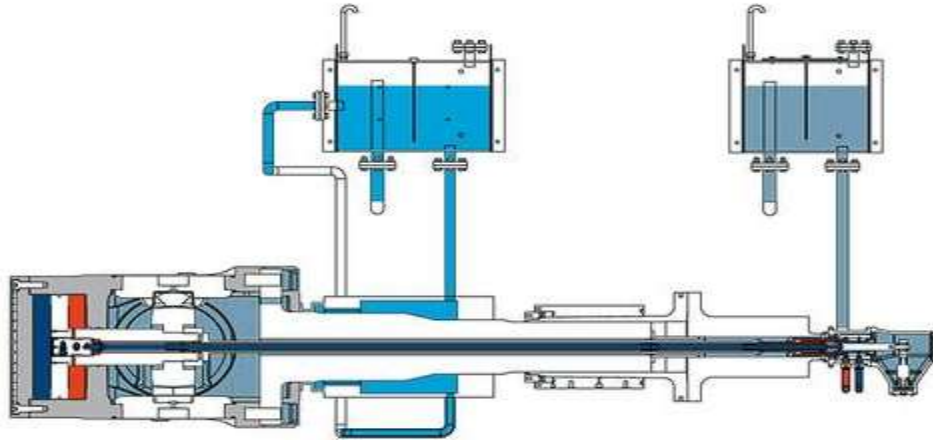


Figura 9: Unidades típicas de SCP Hélices de passo controlável - Tipo XG.  
Fonte: Murtinho, Marcos Rodrigues. Monografia APNT, CIABA: 2012.

Cubo tipo X com o servomotor fixado no centro e a unidade de alimentação de óleo dispostos na frente da engrenagem de redução.

### “Tipo XW”

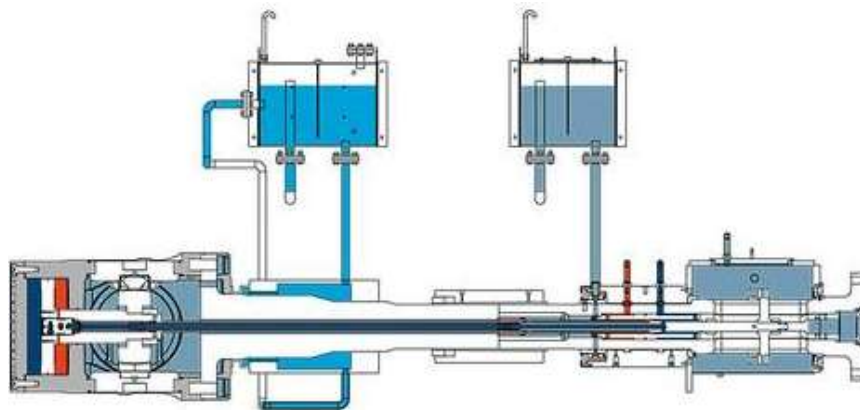


Figura 10: Unidades típicas de SCP Hélices de passo controlável - Tipo XW  
Fonte: Murtinho, Marcos Rodrigues. Monografia APNT, CIABA: 2012.

Cubo tipo X com o servomotor montado no centro e a fonte de óleo dispostas no Eixo.

### “Tipo ZG”

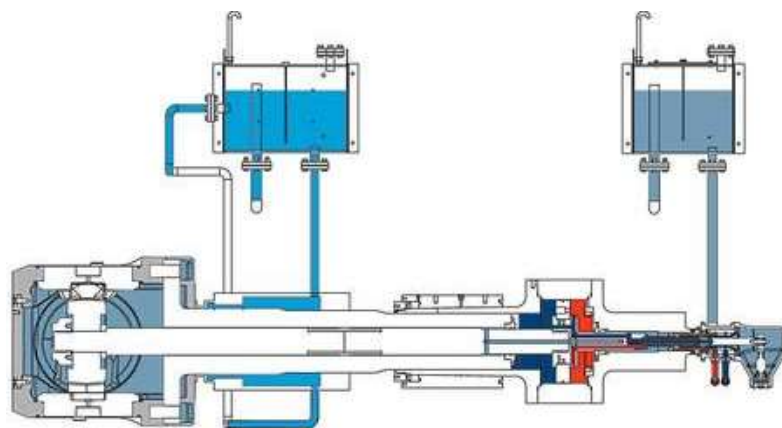


Figura 11: Unidades típicas de SCP Hélices de passo controlável - Tipo ZG  
 Fonte: Murtinho, Marcos Rodrigues. Monografia APNT, CIABA: 2012.

Cubo tipo Z com o servomotor no Eixo e a unidade de alimentação de óleo dispostos na frente da engrenagem de redução.

Abaixo, a figura 12 mostra um Navio Mercante com SCP hélices de passo controlável, sendo sua unidade de SCP tipo XG e alguns detalhes de sua embarcação:



Figura 12: MV Mazarine (Navio Mercante)  
 Fonte: Murtinho, Marcos Rodrigues. Monografia APNT, CIABA: 2012.

O Navio Mercante Mazarine foi construído no estaleiro Flensburger Schiffbau Gesellschaft, Flensburg na Alemanha. Sendo uma embarcação de propriedade da empresa Cobelfret Ferries N.V., Antwerp, Belgium. Seu arranjo na máquina é dotado pelos motores de Propulsão principal: 1 x SCP 154/4-XG (10,800 kW); Estaleiro: Flensburger Schiffbau Gesellschaft, Flensburg, Germany; Proprietário: Cobelfret Ferries N.V., Antwerp, Belgium.

## 4.2 Propulsor AZIPOD

O sistema consiste na construção das hélices de propulsão e do sistema de direção em um único suporte, totalmente móvel. Este é um conceito inovador na construção naval, sendo a primeira vez que navios comerciais de alta tonelagem recebem o equipamento.

Tecnicamente chamado CRP ("contra-rotating pod"), o equipamento consiste em uma única unidade instalada em modo de contra-rotação, reduzindo a resistência ao arrasto e aumentando a eficiência em relação aos mecanismos manobráveis tradicionais, em razão da incorporação do efeito de contra-rotação.

Os navios de 17.000 toneladas, 224,5 metros de comprimento e 26 de largura poderão atingir velocidade de até 31,5 nós.

Além da economia de combustível, incorporando motores híbridos diesel- elétricos, o sistema de direcionamento Azipod dará ao navio uma extraordinária capacidade de manobra, graças à geração de empuxo em todas as direções, permitindo que o navio se movimente rapidamente.

O sistema Azipod é instalado fora do casco do navio, podendo ser livremente movimentado em 360°, com um ganho adicional em termos de conforto para os passageiros, uma vez que há melhor isolamento acústico.



Figura 13: Azipod.

Fonte: [www.hightech.fi/direct.aspx?area=htf&prm1=889&prm2=article](http://www.hightech.fi/direct.aspx?area=htf&prm1=889&prm2=article).

Sistema de propulsão de alguns navios, sobretudo paquetes e navios quebra-gelo, que consiste num motor elétrico do estilo "fora-de-bordo", acoplado ao casco do navio que tem a capacidade de girar 360°. Este fato elimina a necessidade de leme já que ao dirigir o azipod,

se dirige igualmente o fluxo de água. O seu nome provém do inglês e ainda não tem tradução para o português.

Azipod é um sistema de propulsão que continua a ganhar terreno em vários tipos de navios, principalmente de passageiros. É constituída por um elemento novo para combinar sistema de propulsão de motor elétrico com sistema de governo. O motor elétrico utilizado para ligar a hélice de um sistema Azipod, está contido numa unidade de hélice submerso capaz de girar livremente em torno de seu eixo vertical.

Este "leme-hélice" substitui um leme convencional e garante excelente manobrabilidade do navio, mesmo em situações de emergência.

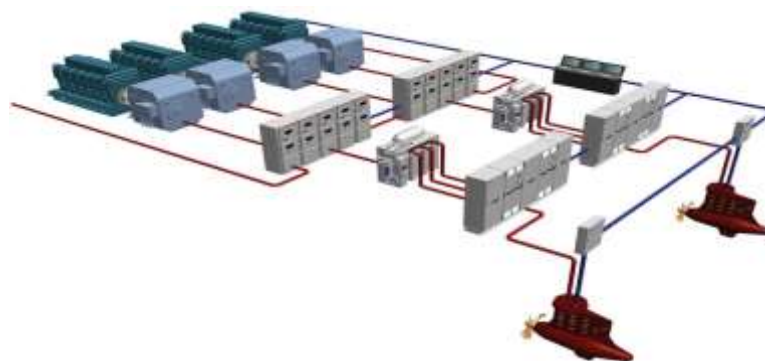


Figura 14: Sistema de controle do Azipod.  
Fonte: [www.farinha-ferry.blogspot.com](http://www.farinha-ferry.blogspot.com).

#### 4.2.1 Terceira geração de sistemas de Azipod

A primeira versão do sistema Azipod foi desenvolvida para navios quebra-gelos de passageiros e petroleiros. A segunda geração do sistema, ou Azipod Compact, foi desenvolvido especialmente para pequenas embarcações, tais como barcos, balsas, pequenas embarcações de pesca e equipamentos de perfuração.

A última geração Azipod é conhecida como a Azipod CRP. Desenvolvido conjuntamente pela ABB e Samsung, é adequado para uma ampla gama de navios petroleiros, de transporte de gás, RoRo e RoPax.

De acordo com o princípio da contra-rotação propulsão CRP, o novo sistema consiste de uma hélice convencional e Azipod leme-hélice girando em sentidos opostos.

A unidade Azipod é colocada alinhada com o principal motor impulsionado pelo eixo da hélice, que não estão conectados fisicamente, e oferece uma alternativa, usando.





Figura 15: Terceira geração de sistemas de Azipod.

Fonte: [www.worldmaritimeneews.com/archives/67564/abb-delivers-azipod-propulsion-for-blue-ocean-ii-singapore/](http://www.worldmaritimeneews.com/archives/67564/abb-delivers-azipod-propulsion-for-blue-ocean-ii-singapore/).

Na figura 16 mostra a configuração interna de um Azipod, sendo possível perceber que as manutenções nesses propulsores se tornaram mais praticas devido ao fácil acesso para reparos.



Figura 16: Visão interna do Azipod.

Fonte: [www.marineinsight.com/tech/marine-electrical/what-is-azipod-propulsion-system-on-ship/](http://www.marineinsight.com/tech/marine-electrical/what-is-azipod-propulsion-system-on-ship/).

Comentaremos sobre uma grande invenção a um clássico mundial. O SCHOTTEL RUDDER PROPELLER (figura 17) é um clássico mundial no campo da propulsão marítima. O atual grupo Schottel foi fundado e desenvolvido em 1950 por Josef Becker, que conquistou rapidamente o universo da moderna construção naval. O nome Schottel se tornou sinônimo para sistemas de propulsão manobráveis a 360°. Em 2005 foi atribuído a Josef Becker o título póstumo de Elmer R. Sperry Award para a sua invenção inovadora. O SRP original

SCHOTTEL foi desde então continuamente desenvolvido. Hoje, com uma potência disponível até 6000 KW, ele é a melhor opção de propulsão para a maioria das embarcações.



Figura 17: SRP Rudder Propeller.  
Fonte: <http://www.schottel.de/marine-propulsion>.

Combinação entre a unidade de propulsão e controlador. As principais características do SRP são 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.

Unidade propulsora para qualquer aplicação. O SRP é encontrado em todos os tipos de rebocadores, na navegação fluvial ou em alto mar, em operações offshore, sob condições tropicais e árticas ou seja, em toda parte. Os Engenheiros da Schottel desenvolvem de acordo com cada exigência o conceito ideal de propulsão, operados diretamente a diesel ou diesel-elétrico.

O SRP é a solução ideal de propulsão para várias embarcações, pois conduz perfeitamente a potência disponível direto ao ponto. Os especialistas da Schottel se encontram a disposição do cliente para prestar apoio e aconselhamentos nas questões de hidrodinâmica, de teste de tanques/modelos, nas opções de controle e manobra, em cálculos FE, na análise da classe de gelo da embarcação e em soluções especiais. Seu conjunto de experiências promovem a longo prazo a satisfação do cliente.

Vantagens:

- a) máxima manobrabilidade;
- b) eficiência ideal;



- c) operação econômica;
- d) economia de espaço na instalação;
- f) manutenção simples;
- g) alta confiabilidade;
- h) otimizado para evitar cavitação e vibração;
- i) construção confiável;
- j) hélice de passo fixo ou variável;
- l) unidade propulsora L ou Z.

Abaixo, a figura 18 mostra um Sísmico de pesquisa com SRP Rudder Propellero.



Figura 18: Navio sísmico de pesquisa WG COLUMBUS  
Fonte: [www.schottel.com](http://www.schottel.com).

Propulsão principal: 2 x SRP 3030 CP (3,000 kW each);

Estaleiro: Hijos de J. Barreras, Vigo, Spain;

Proprietário: Western Geco Ltd., UK;

O Navio Sísmico de pesquisa WG COLUMBUS foi construído no estaleiro de Hijos de J. Barreras, Vigo, na Espanha. Sendo uma embarcação de propriedade da empresa Western Geco Ltd., Reino Unido. Seu arranjo na maquina é dotado pelos motores de Propulsão principal: 2 x SRP 3030 CP (3,000 kW each).

A seguir, a figura 19 mostra um Navio quebra gelo com SRP Rudder Propeller em sua propulsão principal.



Figura 19: Navio Quebra gelo "Tulpar"  
Fonte: [www.schottel.de](http://www.schottel.de)

Propulsão principal: 2 x SRP 2020 (2000 kW each);

Propulsão auxiliar: 2 x SPJ 220 (850 kW each);

Estaleiro: Ulstein Verft, Norway;

Proprietário: BUE Marin Ltd., UK.

O Navio Quebra gelo “Tulpar” foi construído no estaleiro de Ulstein Verft, na Noruega. Sendo uma embarcação de propriedade da empresa BUE Marin Ltd., UK, Reino Unido. Seu arranjo na maquina é dotado pelos motores de Propulsão principal: 2 x SRP 2020 (2000 kW cada) e propulsão auxiliares: 2 x SPJ 220 (850 kW each).

### 4.3 Hélices 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 (Hélices contra rotativas) vistos a seguir.

#### 4.4 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.



Figura 20: Twin Propeller.  
Fonte: [www.rivieramm.com](http://www.rivieramm.com)

Na figura 21 mostra o desenho de um STP - Schottel Twin Propeller que abaixo será citado as diferenças comparando com um SRP – Schottel Rudder Propeller.



Figura 21: Propulsor azimuthal com duplo hélice.  
Fonte: <http://www.schottel.de/marine-propulsion>.

O Schottel Rudder Propeller (SRP) tem estabelecido padrões ao longo de décadas no campo da propulsão naval manobrável. Este sistema comprovado mundialmente, converte a

potência do motor em impulso ideal e possibilita também a utilização da força total de propulsão para a manobra da embarcação através da rotação de 360° da parte subaquática.

#### **4.4.1 Mais potência – com velocidade média**

O Schottel Twin Propeller (STP) baseia-se também neste princípio simples e eficaz. Diferentemente do propulsor azimutal SRP, o SCHOTTEL TWIN PROPELLER é equipado com dois hélices que giram na mesma direção de rotação. 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 Schottel Twin Propeller é sucesso de otimização do completo sistema de propulsores azimutais 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.

#### **4.4.2 O princípio de funcionamento do STP**

O STP funciona com um hélice frontal “Zugpropeller” e um hélice de pressão. Eles estão dispostos entre si de tal maneira que a esteira de turbulência do hélice frontal passa por entre as pás do hélice de pressão posterior, sem obstruí-lo. Através da 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 empuxo na direção avante, que atua também elevando o empuxo. Os níveis de ruído e vibração serão reduzidos consideravelmente.

#### **4.4.3 O princípio hidrodinâmico**

- a distribuição da potência nos dois hélices contribui para uma diminuição da carga na superfície das pás;

- recuperação das perdas rotacionais do hélice frontal através do sistema condutor integrado composto de tubo de governo e sistema de difusor integrado (aletas);
- carcaça do hélice com fluxo favorável.

#### **4.4.4 O princípio mecânico/ vantagens**

- Ambos os hélices giram sobre um mesmo eixo e na mesma direção de rotação;
- Transmissão de potência comprovada sem engrenagem redutora adicional;
- Apenas um pacote de vedação adicional.

Vantagens:

- Eficiência maior que a dos sistemas azimutais-Z com apenas um hélice;
- Maior transmissão de potência do que apenas com um único hélice;
- Menor risco de cavitação devido à menor carga nos hélices;
- Menos flutuação na pressão e diminuição nas emissões de ruídos;
- Menores perdas mecânicas do que em unidades com dois hélices contra rotativos;
- Alta confiabilidade devido ao pequeno número de peças móveis Manobrável a 360°;
- Alta variabilidade da curva característica que atende aos diferentes requisitos operacionais para a velocidade de até 21 nós;
- Especialmente adequado para instalações que admitem somente diâmetros de hélice limitados (calado restrito ou folga na extremidade exigida);

Abaixo, a figura 22 mostra um Offshore Supply Vessel com a propulsão principal, sendo STP Schottel Twin Propeller:



Figura 22: Offshore Supply Vessel  
Fonte: [www.schottel.de](http://www.schottel.de)

Propulsão principal: 2 x STP 1010 (950 kW each)

Estaleiro: Astilleros Balenciaga, S.A., Spain

Proprietário: Khalifa A. Algosaiibi, Saudi Arabia

O referido Offshore Supply Vessel foi construído no estaleiro Astilleros Balenciaga, S.A., na Espanha. Sendo uma embarcação de propriedade da empresa Khalifa A. Algosaiibi, na Arabia Saudita. Seu arranjo na maquina é dotado pelos motores de Propulsão principal: 2 x STP 1010 (950 kW cada)

Abaixo, a figura 23 mostra uma Balsa dupla com a propulsão principal sendo STP Schottel Twin Propeller:



Figura 23: Balsa Dupla “Dryna”  
Fonte: [www.schottel.de](http://www.schottel.de)

Propulsão: 2 x STP 550 (744 kW each)

Estaleiro: Aker Aukra, Norway

Proprietário: More og Romsdal Fylkesbatar AS, Norway

A Balsa Dupla “Dryna” foi construído no estaleiro Aker Aukra., na Noruega. Sendo uma embarcação de propriedade da empresa More og Romsdal Fylkesbatar AS, na Noruega. Seu arranjo na maquina é dotado pelos motores de Propulsão principal: 2 x STP 550 (744 kW cada)

#### **4.5 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 turbohélice 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.



Figura 24: Exemplo de CRP Hélices Contra rotativas.  
Fonte: [www.naval.com.br](http://www.naval.com.br)

#### 4.6 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.

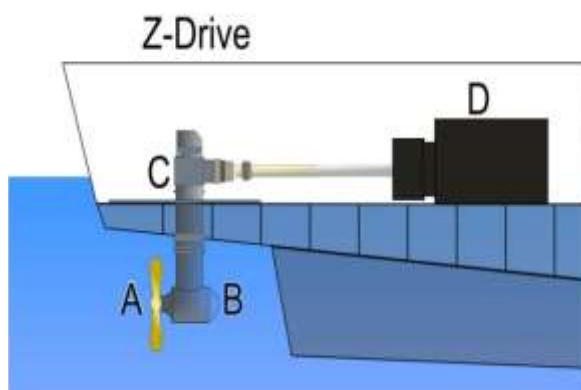


Figura 25: Azimutal tipo Z-Drive.  
Fonte: [www.google.com.br/imghp?hl=pt-PT&tab=ii&biw=1366&bih=674](http://www.google.com.br/imghp?hl=pt-PT&tab=ii&biw=1366&bih=674).

#### 4.7 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.

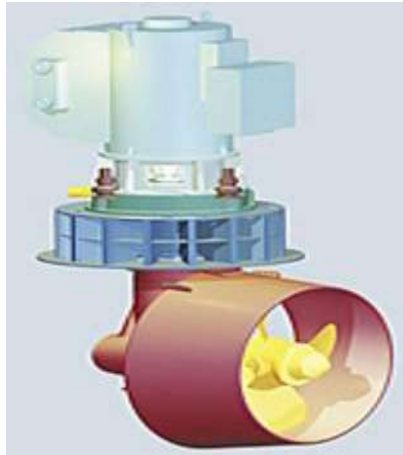


Figura 26: Azimutal tipo L-Drive.

Fonte: <https://www.google.com.br/imghp?hl=pt-PT&tab=ii&biw=1366&bih=674>.

## 4.8 Propulsores transversais

### Indispensável em manobras e no posicionamento dinâmico:

Propulsores transversais são instalados para melhorar a capacidade de manobra na proa ou na popa. O campo de aplicação dos propulsores transversais se estende, dependendo do tipo do navio, desde um breve acostar e atracar em portos com poucas horas de operação anual aos de funcionamento contínuo com carga máxima em exigentes operações *offshore* com posicionamento dinâmico.



Figura 27 - STT Propulsores transversais

Fonte: <http://www.schottel.de/marine-propulsion>.

### Aplicativos de configuração:

Os propulsores transversais são configurados por engenheiros da Schottel conforme a sua aplicação e operação. A facilidade na operação de manobra permite um alto e específico desempenho do equipamento com uma velocidade circunferencial do hélice de até 33m/s. Em operações de *offshore* mais exigentes opera-se com a velocidade circunferencial do hélice mais baixa.

### Motores de escolha:

Propulsores transversais podem ser operados com motores a diesel, elétricos ou hidráulicos. Os motores elétricos podem ser fornecidos opcionalmente. A conexão para o motor pode ser feita tanto na horizontal quanto na vertical. Desta forma o motor pode ser posicionado de acordo com as condições particulares de construção da embarcação.

Em operações com hélices de passo fixo, os motores elétricos e hidráulicos permitem a inversão da direção do empuxo. Com o uso do motor a diesel é necessária a utilização de uma caixa reversora adicional. Os propulsores transversais do tipo STT 1 ao 5 estão disponíveis tanto com hélices de passo variável quanto de passo fixo.

Unidades com hélice de passo variável e passo fixo podem ser acionadas do mesmo modo, aliás, no acionamento com motor a diesel descarta-se a necessidade de uma caixa reversora.

### Melhor impulso através do design ideal

O impulso é a característica fundamental de um propulsor transversal. Por essa razão a Schottel dedica uma atenção especial ao design do hélice, que é adaptado individualmente á geometria do respectivo navio.

Ao mesmo tempo, são considerados os requisitos especiais para os níveis de ruídos caso sua aplicação se faça necessária. Um importante parâmetro para a eficiência do propulsor transversal é a folga entre o túnel e o hélice, que a Schottel reduziu o mínimo possível em todos os modelos.

### Vantagens:

- para cargas máximas como por exemplo: em aplicações *offshore*;

- para operação intermitente e contínua;
- Baixa emissão de ruídos;
- Opção entre hélices de passo variável ou fixo;
- Design compacto com instalações horizontal, vertical ou inclinada do flange de entrada de força;
- Combinável com motores hidráulico, elétrico ou a diesel.

Abaixo, a figura 28 mostra um Navio Passageiro com a propulsão principal sendo SCP Hélices de passo controlável e a propulsão auxiliar sendo STP - Schottel Twin Propeller:



Figura 28: Navio de Passageiro "Zi yu Lan".  
Fonte: [www.schottel.de](http://www.schottel.de)

Propulsão principal: 1 x SCP 1544 XG (15,000 kW);

Propulsão auxiliar: 1 x STT 330 CP (600 kW);

Estaleiro: Aker-MTW, Germany;

Proprietário: Shanghai Shipping Corporation, PR China.

O Navio de Passageiro "Zi yu Lan" foi construído no estaleiro Aker-MTW na Alemanha. Sendo uma embarcação de propriedade da empresa Shanghai Shipping Corporation, PR China. Seu arranjo na máquina é dotado pelos motores de Propulsão principal: 1 x SCP 1544 XG (15,000 kW) e Propulsão auxiliar: 1 x STT 330 CP (600 kW).

## CAPÍTULO 5

### PRINCIPAIS VANTAGENS DO SISTEMA DIESEL ELÉTRICO

#### 5.1 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).

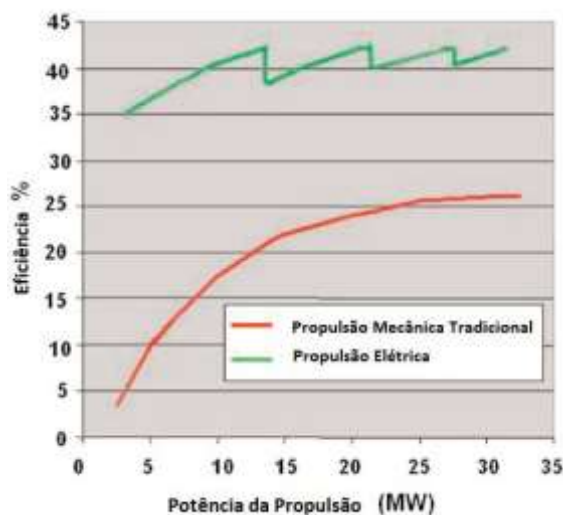


Figura 29: Diagrama de eficiência no consumo em relação a carga na propulsão.  
Fonte: MELO, Alex Eustáquio de. Monografia APMA. CIAGA: 2012.

#### 5.2 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.

### 5.3 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.

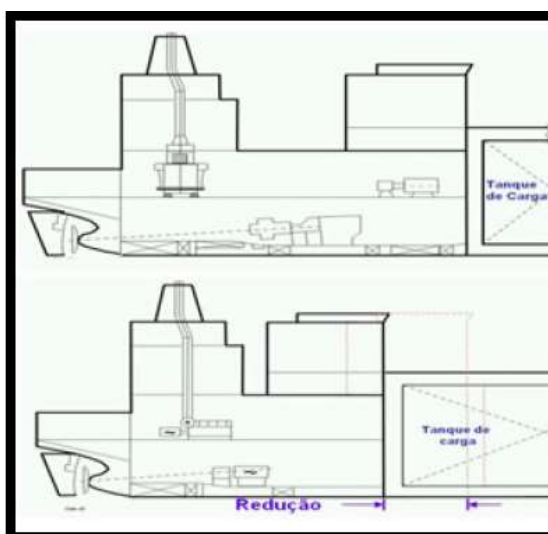


Figura 30: Distribuição dos Equipamentos na Praça de Máquinas.  
Fonte: <http://www.pee.ufrj.br/teses/textocompleto/2007102901.pdf>

Observam-se nas figuras 30 e 31 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.

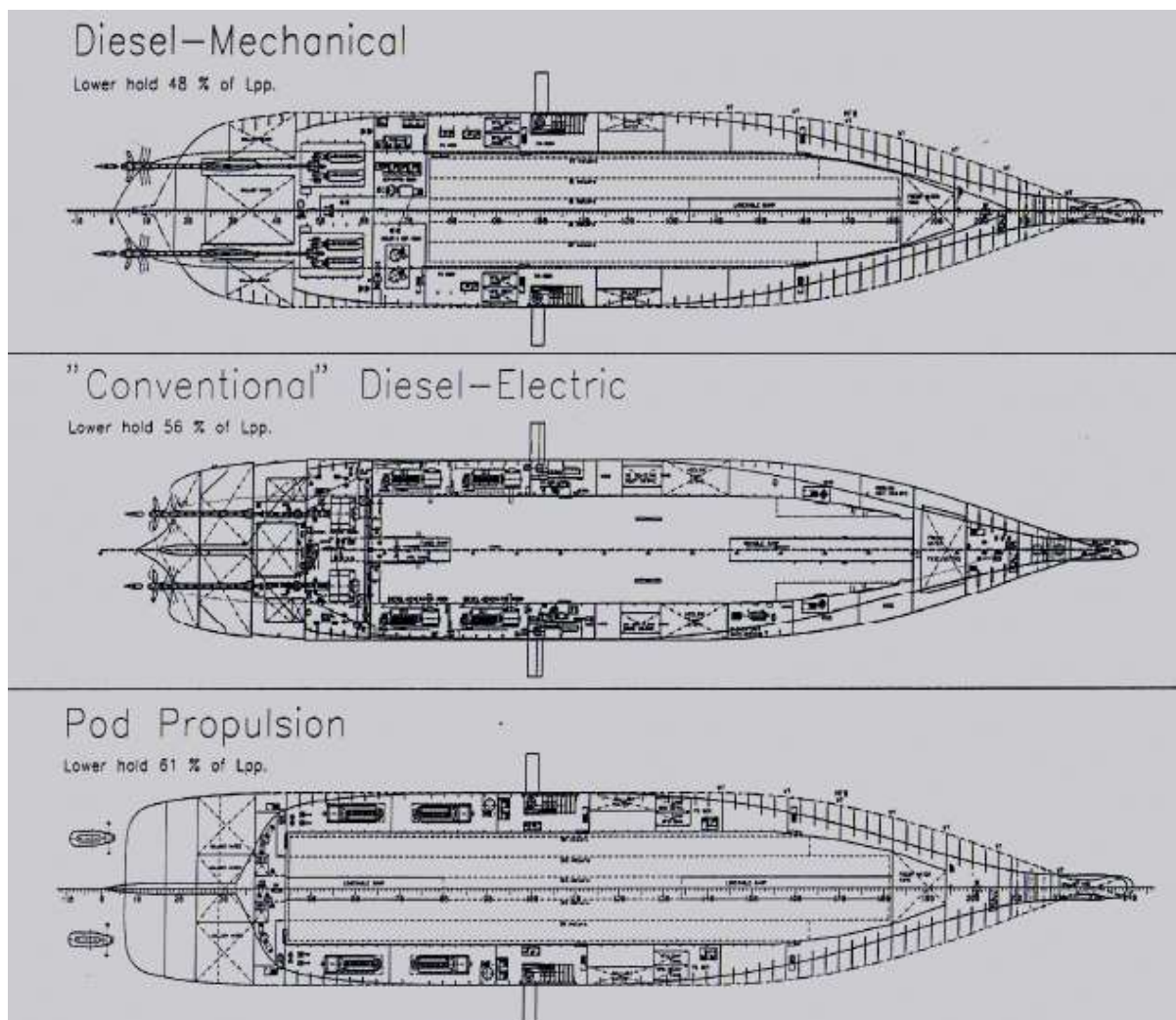


Figura 31: Comparação de distribuição dos equipamentos na praça de máquinas.  
 Fonte: MELO, Alex Eustáquio de. Monografia APMA. CIAGA: 2012.

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.

#### 5.4 Favorecimento das redundâncias dos sistemas

A modularidade e a flexibilidade proporcionam um sistema de geração de energia e de sistemas redundantes, distribuídos e reconfiguráveis. Consequentemente 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.

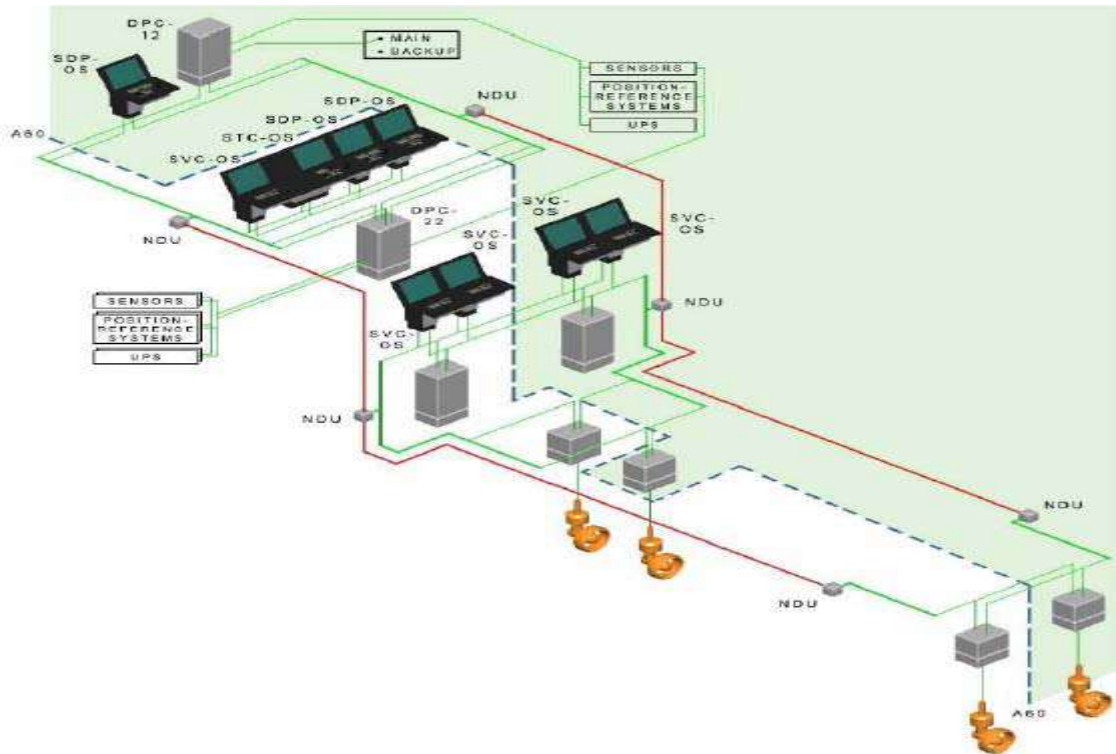


Figura 32 - Arquitetura do sistema de controle com redundância.  
Fonte: MELO, Alex Eustáquio de. Monografia APMA. CIAGA: 2012.

## 5.5 Aumento da Vida Útil das embarcações

As embarcações de apoio modernas 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).

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.

## **5.6 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.

## **5.7 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.

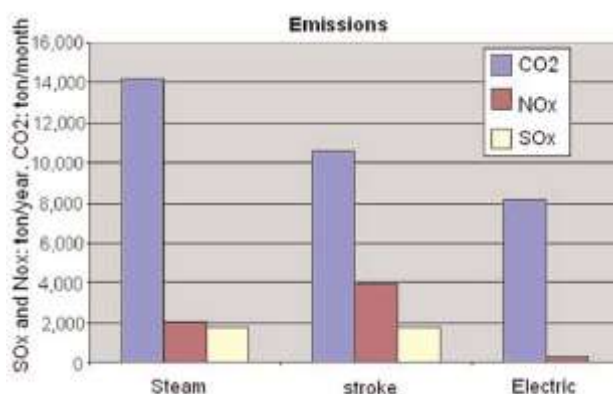


Figura 33: Emissão de poluentes.

Fonte: <http://www.pee.ufrj.br/teses/textocompleto/2007102901.pdf>

De acordo com a linha de pesquisa apresentada em Pereira (2006) a Figura 30, 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: CO<sub>2</sub> - Dióxido Carbônico, NO<sub>x</sub> – Óxido de Nitrogênio e SO<sub>x</sub> – 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 .

## **5.8 Redução da Assinatura Acústica e vibração**

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 reductoras. 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 reductora.

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.

## CAPÍTULO 6

### PAINEL DE ACIONAMENTO DOS THRUSTERS EM UMA PLATAFORMA SEMI SUBMERSIBLE E SUAS FUNCIONALIDADES NO SISTEMA DP

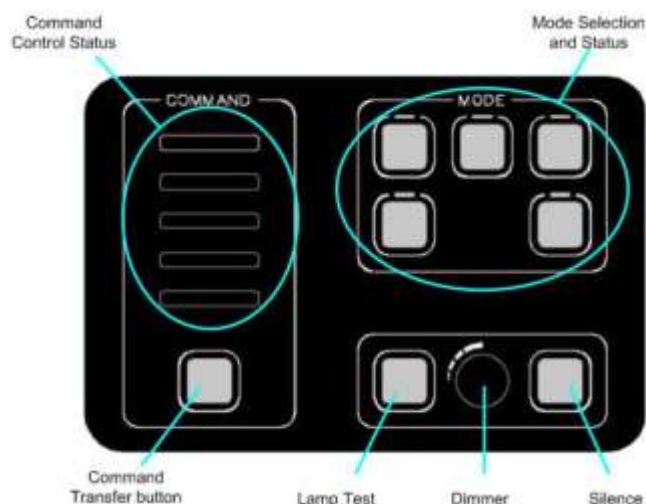


Figura 34: Painel de comando dos *thrusters* numa plataforma DP.

Fonte: Manual do Sistema de posicionamento dinâmico da Semi Submersível Amazônia.

Command Transfer Button:

TAKE: Para pegar o comando da outra mesa de *thruster*. Pois, existem duas mesas de *thrusters* similares a bordo, uma no Passadiço e outra no Centro de Controle de Máquinas.

Mode Selection and Status:

DP: Habilita todos os *thrusters* para o comando DP.

JOYSTICK: Habilita todos os *thrusters* para o cJoy, que pode ser conectado tanto na Sala Rário Back-up, localizada acima do Passadiço, como no ponto de BB da lateral da viga no interior do Passadiço.

AUTO PILOT: Habilita o Grupo 2 (Thrusters #5 e #6) para funcionarem como leme, sob o comando dos radares. Para maior eficiência, todos os *thrusters* devem estar sincronizados em seus respectivos grupos, dizendo para vante e com a mesma % de

propulsão, exceto pelo Grupo 2 (Thrusters #5 e #6) que deve ser posicionado pelo menos em uma posição ligeiramente superior que os demais.

**MANUAL:** Habilita todos os *thrusters* para o uso manual, obedecendo seus respectivos *levers*.

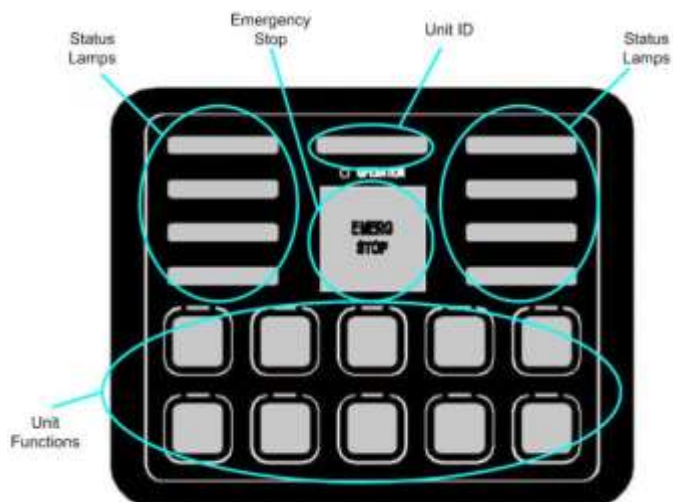


Figura 35: Painel de acionamento dos Thrusters numa plataforma DP.  
Fonte: Manual do Sistema de posicionamento dinâmico da Semi Submersível Amazônia

**Emergency Stop:**

**EMERG STOP:** Parada de emergência do thruster em questão, deixando o símbolo “I” na área do Main Drive da tela do thruster (K-Chief).

**Unit Functions:**

**START:** Inicia a sequência de partida normal do *thruster*, onde o consumo varia de 34 KW a 2425 KW. Caso alguma das bombas de hidráulico ou arrefecimento, ou ainda ventilação esteja não parta, o *thruster* não funcionará (K-Chief).

**STOP:** Inicia a sequência normal de parada do *thruster*.

**POWER MODE:** Quando ativado, o *lever* controlará a carga do *thruster*; Quando desativado, o *lever* controlará as RPM do mesmo, que podem chegar a 243 RPM no propulsor (720 RPM no motor), vale lembrar que no sistema DP, cada *thruster* está configurado para atingir no máximo 98% de sua capacidade total, que proporciona ao propulsor o máximo de 241 RPM. Geralmente, por questões de vibração, os *thrusters* ficam pré-configurados para

90% de sua capacidade no Sistema DP, através da tela “Thruster → Run-in...”, que em case de extrema necessidade, pode ser alterado.

SYNCH. CMD: Sincroniza grupo de *thrusters* para que trabalhem juntos obedecendo a um único lever, geralmente utilizado para navegação usando a função AUTO PILOT através dos Radares. São três os possíveis grupos: Grupo 1 (Thrusters #1, #2, #3 e #4), Grupo 2 (Thrusters #5 e #6) e Grupo 3 (Thrusters #7 e #8). O Grupo 2 (Thrusters #5 e #6) pode funcionar como leme, e o mesmo possui dois hardwares totalmente independente dos outros Grupos, onde na falha do Hardware Normal, o Hardware Back-up deve ser selecionado sobre a mesa do K-Thruster OS 10.

DP ENABLE: Habilita o *thruster* direto para a mesa de DP, quando todos os *thrusters* estão no comando de DP.

DP MANUAL: Quando todos os *thrusters* estão no comando DP, o mesmo pode ser selecionado e trabalhado de forma manual obedecendo o lever. Mas, a qualquer momento o mesmo pode ser selecionado para a mesa de DP, deixando de obedecer o *lever*.

LOCK TO LEVER: Quando em qualquer comando (DP, Manual, Auto Pilot ou Joystick) o mesmo passa a obedecer somente o *lever* de forma manual.

RESET: Deve ser ativado quando o mesmo está piscando, para que o Main Drive seja resetado, então, aciona-se o STOP, para que o mesmo fique disponível para partida.

## 6.1 Controle do CJOY no sistema DP (Localizado na sala de “back up”)



Figura 36: Comando e acionamento dos *Thrusters* pelo CJOY.

Fonte: Manual do Sistema de posicionamento dinâmico da Semi Submersível Amazônia.

Procedimentos para o uso do “cJoy”, que pode ser conectado tanto na Sala Rádio “Back-up”, localizada acima do Passadiço, como no ponto da lateral de BB da viga no interior do Passadiço:

1) Selecionar o modo de comando JOYSTICK no Painel dos *Thrusters*, localizado no Passadiço ou no Centro de Controle de Máquinas, dependendo de qual estiver no comando;

2) Pressionando a tecla THR. ENABLE e selecione todos os *thrusters* disponíveis através dos botões direcionais;

3) Pressione a tecla VIEW até que a tela THR MAIN apareça, para visualizar o comportamento dos *thrusters* e posicionamento;

4) Selecione os modos JOYSTICK ou AUTO conforme a necessidade.

Procedimentos para desabilitar o “cJoy”:

1) Deixar o “cJoy” no modo “JOYSTICK”;

2) Pressionar a tecla THR. ENABLE e desabilitar todos os *thrusters* utilizando as teclas direcionais;

3) No Passadiço, ou no Centro de Controle de Máquinas, dependendo de qual estiver no comando, alterar para o modo de comando desejado.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização deste trabalho, observa-se que a aplicação da propulsão elétrica em navios tem uma história de sucessos ao longo dos últimos anos. Verificou-se algumas informações e curiosidades sobre hélice, o entendimento de funcionamento e eficiência em diversos aspectos quando a embarcação possui determinado sistema elétrico de propulsão.

O objetivo principal desta monografia foi explicar detalhadamente algumas das principais vantagens dos sistemas elétricos comparando com a propulsão mecânica, tais como: o tipo de potência elétrica disponível entre o gerador e o motor elétrico (CA ou CC); o método de controle da velocidade (variação da tensão CC e/ou a variação da frequência e da tensão para aplicações em CA); o tipo do equipamento de acionamento principal e o método de controle do propulsor.

O Propósito deste trabalho foi apresentar também outras vantagens dos propulsores elétricos, tais como excelente controle de velocidade e torque em toda faixa de velocidade;

- Facilidade para adoção de controles automáticos e remotos; maior capacidade de reversão rápida de velocidade, propiciando a redução de tempo e distância de parada brusca (30 a 50% de redução na distância de parada, em caso de emergência); não é necessário usar hélice de passo controlável, haja vista que, o custo deste hélice representa cerca de 33% do valor da máquina principal, enquanto que, o hélice de passo fixo representa apenas 8%; 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, ataques a bala, e outros tipos de falhas).

Considera-se também que de acordo com o manual do sistema de posicionamento de uma Plataforma Semi Submersível de terceira geração de perfuração, sendo no Capítulo 6 nota-se a facilidade do Operador em acionar e utilizar outros recursos para uso dos *thrusters*. Além disso, no item 6.1 observa-se o controle do CJOY no sistema de posicionamento dinâmico localizado numa sala de “back up” para uso em caso de emergência afim de manter a unidade marítima na posição, se caso o operador não conseguir acesso ao painel principal do DP. Contudo, conclui-se a facilidade do Comandante e oficiais em operar o sistema de propulsão num curto intervalo de tempo e facilidade que é de fundamental importância nas operações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 Sch.ool (NPS).** Monterey. California, USA, 1998.

BRINATI, Hernani Luiz. **Instalações Propulsoras.** PNV-411 - Vol I e II. São Paulo : EPUSP - Deptº de Engenharia Naval e Oceânica, 1980.

**Exponaval 2004.** SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENGENHARIA NAVAL – SOBENA.

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

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.

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.

O'ROURKE, Ronald. Navy Ship Propulsion Technologies: Options for Reducing Oil Use - Background for Congress. Washington, USA: Congressional Research Service, 2006. Order Code RL33360.

PADOVEZZI, Carlos D. e GELEHRTER, Rui. Tendências Tecnológicas da Propulsão de Navios - **Seminário.** São Paulo : CELACADE – Centro Latinoamericano de Capacitacion y Desarrollo de Empresas, 2009.

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.

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.

<http://www.becker-marine-systems.com>. <Acessado em: 17 ago.2013.>

<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010170030609>. <Acessado em: 26 ago. 2013.>



<http://www.mastervolt.com/marine>. <Acessado em: 11 set. 2013.>

[http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod\\_academic/relatorios/atuais/DanielW+LeandroTrov/Relat1/05\\_sistema\\_propulsivo.htm](http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/atuais/DanielW+LeandroTrov/Relat1/05_sistema_propulsivo.htm). <Acessado em: 28 ago. 2013.>

<http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/57-artigos-e-materias/342-normalizacao-de-instalacoes-eletricas-offshore-parte-ii.html>. <Acessado em: 27 ago. 2013.>

<http://www.pee.ufrj.br/teses/textocompleto/2007102901.pdf>. <Acessado em: 26 ago. 2013.>

[http://www.rolls-royce.com/Images/RR-B\\_Propulsion\\_0612\\_singlepages\\_LR10\\_250512\\_tcm92-8664.pdf](http://www.rolls-royce.com/Images/RR-B_Propulsion_0612_singlepages_LR10_250512_tcm92-8664.pdf). <Acessado em: 26 ago. 2013.>

<http://www.schottel.de/marine-propulsion>. <Acessado em: 28 ago. 2013.>

<http://www.vethpropulsion.com/>. <Acessado em: 19 ago.2013.>

<http://www.weg.net/oilgas/br/artigos-sinergia-dos-mares.html>. <Acessado em: 28 ago. 2013.>