

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA  
MAURÍCIO MORAES DA SILVAJÚNIOR

MÁQUINAS MODERNAS NA MARINHA MERCANTE

RIO DE JANEIRO

2011

MAURÍCIO MORAES DA SILVA JÚNIOR

MÁQUINAS MODERNAS NA MARINHA MERCANTE

Monografia apresentada junto ao curso de  
Aperfeiçoamento de Máquinas do Centro de Instrução  
Almirante Graça Aranha como requisito parcial a  
obtenção do certificado DPC 1031 – III/2 do STCW

Orientador: Luiz Otávio Ribeiro Carneiro

RIO DE JANEIRO

2011

MAURÍCIO MORAES DA SILVA JÚNIOR

# MÁQUINAS MODERNAS NA MARINHA MERCANTE

Monografia apresentada junto ao curso de  
Aperfeiçoamento de Máquinas do Centro de Instrução  
Almirante Graça Aranha como requisito parcial a  
obtenção do certificado DPC 1031 – III/2 do STCW

Orientador: Luiz Otávio Ribeiro Carneiro

EXAMINADOR

---

Prof. Luiz Otávio Ribeiro Carneiro  
Centro de Instrução Almirante Graça Aranha

Rio de Janeiro, 16 de Novembro de 2011.

Resumo

Este trabalho tem por objetivo apresentar um estudo sobre alguns dos avanços das máquinas que estão começando a se tornar realidade na Marinha Mercante Brasileira, que são: a injeção eletrônica e a propulsão elétrica.

Mostrando como o sistema de injeção eletrônica surgiu em 1957, como foi a sua evolução até os dias atuais e focando principalmente o estudo no sistema atual de injeção eletrônica para sistemas a Diesel, que é a realidade de bordo. Será apresentado o princípio de funcionamento e as vantagens da utilização do sistema.

O sistema de propulsão elétrica será apresentado da mesma forma que o sistema de injeção eletrônica, apresentando ao processo evolutivo, os princípios de funcionamento, os tipos de utilização de propulsão elétrica e suas vantagens para o meio Mercante.

**Abstract**

This paper aims to present a study on some of the advances in machines that are starting to become reality in the Brazilian Merchant Marine, which are: electronic fuel injection and electric propulsion.

Showing how the electronic injection system began in 1957, as its evolution to the present day and the study focused mainly on the current system of fuel injection systems for diesel, which is the reality of board. Will be presented the working principle and the advantages of using the system.

The electric propulsion system will be presented in the same way that the electronic injection system, featuring the evolutionary process, the principles of operation, types of use of electric propulsion and its advantages to the Merchant area.

## SUMÁRIO

### **Introdução**

<b>Capítulo 1: Introdução .....</b>	<b>8</b>
-------------------------------------	----------

1.1) Introdução .....	08
1.2) Motivação do Estudo .....	09
1.3) Objetivo .....	09
1.4) Delimitação do Trabalho .....	10
<b>Desenvolvimento</b>	
<b>Capítulo 2: Injeção Eletrônica .....</b>	<b>11</b>
2.1) História da Injeção Eletrônica .....	11
2.2) O que é Injeção Eletrônica .....	14
2.3) Funcionamento do Sistema Common Rail .....	15
2.4) Vantagens .....	17
2.5) Conclusão .....	17
<b>Capítulo 3: Propulsão Elétrica .....</b>	<b>18</b>
3.1) História da Propulsão Elétrica .....	18
3.2) Comparação entre Propulsão Elétrica e Propulsão Mecânica .....	23
3.3) Aspectos Relevantes na Escolha do Arranjo de Propulsão Elétrica .....	25
3.4) Tipos de Propulsão Elétrica .....	26
3.4.1) Azipod .....	26
3.4.2) Z-Drive .....	27
3.4.3) L-Drive .....	28
3.4.4) Water Jet .....	29
3.5) As Principais Vantagens da Propulsão Elétrica .....	31
3.5.1) Redução do Consumo de Combustível .....	31
3.5.2) Redução de tripulação .....	32

3.5.3) Flexibilidade de Projeto .....	32
3.5.4) Aumento de Capacidade de Sobrevivência do Navio .....	33
3.5.5) Aumento da Vida Útil do Navio .....	33
3.5.6) Redução dos Custos de Manutenção .....	34
3.5.7) Redução da Emissão de Poluentes .....	35
3.6) Conclusões .....	36
<b>Capítulo 4: Conclusão</b>	
4.1) Conclusões Finais .....	41

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fig1.: Motor Hot Bulb .....	13
Fig.2: Propaganda do Primeiro Motor com Injeção Eletrônica .....	14
Fig.3: Sistema Bendix de Injeção Eletrônica .....	15
Fig.4: Sistema Common Rail .....	18
Fig.5: Injetor de Injeção Eletrônica .....	19
Fig.6: Motor Immisch .....	23
Fig.7: O Gordon Mary - Construído 1898 .....	24
Fig.8: Propaganda de um Barco Elétrico em 1892 .....	25
Fig.9: Sistema de Acionamento Elétrico Integrado .....	26
Fig.10: Diagrama em Blocos de um Sistema de Propulsão Elétrica .....	27
Fig.11: Sistema Azipod .....	30
Fig.12: Z-Drive .....	31
Fig.13: L-Drive .....	32
Fig.14: Sistema do Water Jet .....	33
Fig.15: Distribuição dos Equipamentos na Praça de Máquinas .....	35



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Consumo de Combustível .....	34
Tabela 2: Emissões de Gases na Atmosfera .....	39

## **Capítulo 1: Introdução**

### **1.1) Introdução**

A navegação surgiu a partir da necessidade de sobrevivência do homem em obter alimento através da pesca e primeiro momento e logo surgiu a necessidade do comércio e transporte através das vias marítimas, onde o homem, de forma muito primitiva, resolve elaborar seu instrumento de transporte. Mais tarde, o comércio viria a lançar uma segunda proposta de transporte marítimo para seus fins específicos, os produtos. No princípio, navegava-se em pequenas embarcações nos rios e baías, procurando sempre as águas mansas, mais seguras e à vista de terra. Com a ampliação das estruturas o homem passou a se aventurar em viagens cada vez mais demoradas mas sempre à vista da costa.

Com o aparecimento da vela os navios tomaram maior raio de ação e aquela era utilizada como meio auxiliar de propulsão, visto que a propulsão principal era feita através de remos.

Os fenícios, com suas ambições comerciais, foram os primeiros a se aventurar em alto mar com seus pequenos navios. Eles lançavam-se em aventuras arriscadas e assim obtiveram êxito na viagem de circunavegação à África, quando estavam a serviço do Faraó Neco I. Seus navios eram estreitos e compridos, movidos a pano e seguiam duas diferentes utilidades, ora de uso comercial, ora de guerra ou até mesmo simultâneos.

Já no decorrer dos séculos VIII e XI, os normandos e vikings tomam o posto de grandes navegadores com seus drakens (embarcações com proa de dragão) e descobrem a Islândia, a Groenlândia entre outros lugares.

O aumento do tamanho dos navios, a invenção de uma série de instrumentos de auxílio náutico e o ensino levado a efeito na Escola de Sagres, fundada pela então monarquia portuguesa tiveram papel importante nas Grandes Navegações dos séculos XV e XVI. Foi aí que se deu a conquista de inúmeros lugares até então desconhecidos como a América descoberta por Cristóvão Colombo em 1492, a abertura dos caminhos para as Índias, por Vasco da Gama, em 1498, o descobrimento do Brasil por Pedro Álvares Cabral em 1500, e a primeira viagem de circunavegação realizada por Fernão de Magalhães em 1504.

Aproximadamente na metade do século XIX, dá-se um salto na substituição dos navios movidos a pano pelos movidos a vapor pegando uma carona neste momento na tão comentada Revolução Industrial.

Com os navios modernos, de aço, de grande raio de ação, dotados de maior conforto, instrumentos náuticos mais precisos e a introdução de métodos eletrônicos de obtenção da posição no mar as viagens tornaram mais rápidas e seguras.

Hoje esta significativa evolução se faz clara na comercialização entre países, onde o produto negociado passa de mão em mão de maneira altamente eficaz tanto na questão prazo, quanto na precisão de entrega. Outra importante consideração, é que no tocante ao transporte de passageiros intercontinental ou através de rotas mais curtas, o que se vê é um mercado de Navios Transatlânticos altamente lucrativo, inovador e cada vez mais preocupado com o bem estar das pessoas que neles freqüentam.

## **1.2) Motivação do Estudo**

Com a constante modernização dos procesos de produção industriais e das áreas comerciais, a Marinha Mercante também tende a sofrer o mesmo processo evolutivo, com o objetivo de aprimoramento de melhora na qualidade, desempenho e redução de custos, refletindo assim no profissional da Marinha Mercante nos dias de hoje, que antes era apenas um mecânico, hoje tem que possuir conhecimentos na área da automação e informática, o que é um reflexo da nossa evolução tecnológica do cotidiano.

O profissional mercante deve manter-se informado das novas tecnologias que estão entrando na Mercante pois a nossa realidade do profissional nos dias atuais é que uma tecnologia que está sendo desenvolvida para utilização no meio marítimo hoje é a tecnologia utilizada amanhã.

## **1.3) Objetivo**

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é apresentar as novidades em nível de atualização das tecnologias que estão se tornando realidade cada vez mais no cotidiano da Marinha Mercante Brasileira, mostrando os princípios de funcionamento de cada tecnologia

mencionada, a operacionalidade no dia a dia do profissional mercante e as vantagens que cada uma destas tecnologias apresentam.

#### **1.4) Delimitação do Trabalho**

Este trabalho procura, inicialmente caracterizar o cenário atual da Marinha Mercante e listar os principais desenvolvimentos nos últimos anos que levaram à ampliação do emprego da Injeção eletrônica e propulsão elétrica.

Os avanços na área de Eletrônica de Potência proporcionaram um acentuado desenvolvimento de acionamentos eletrônicos de motores elétricos não convencionais empregados na Propulsão Elétrica de navios.

## Capítulo 2: Injeção Eletrônica em Motores Diesel

### 2.1) História da Injeção Eletrônica.

Herbert Akroyd Stuart desenvolveu o primeiro sistema com designe de acordo com a linhas modernas, com uma bomba (injetora) de alta precisão para fornecer o óleo combustível em alta pressão para um injetor. Este sistema foi usado no motor “hot bulb”<sup>1</sup> e foi adaptado e melhorado por Robert Bosch e Clessie Cummins para uso em motores diesel, o sistema original de Rudolf Diesel empregou um complicado sistema de suprimento de ar, com ar altamente comprimido.

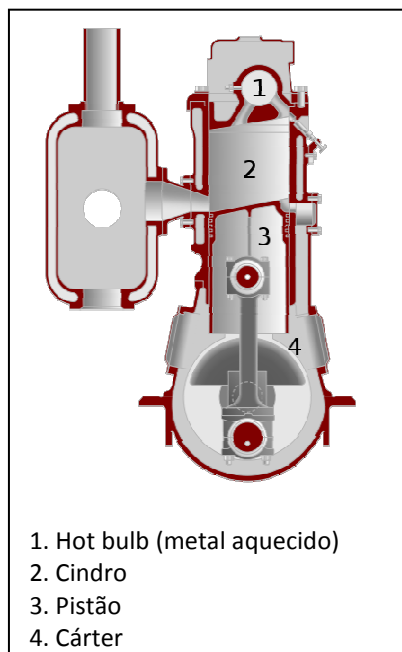


Fig.1: Motor Hot Bulb.

O primeiro uso de injeção direta de gasolina em motor foi feito no motor de Hesselman, criado pelo engenheiro sueco Jonas Hesselman em 1925. Os motores Hesselman usam o princípio de queima “lean burn” (queima fina). O Combustível é injetado no final do curso de compressão, em seguida, inflamado com uma vela de ignição. Eles são frequentemente iniciados em gasolina e depois passam para o diesel ou querosene. A injeção de combustível foi difundida em uso comercial nos motores a diesel em meados da década de

<sup>1</sup> O motor Hot Bulb ou motor de lâmpada quente é um tipo de motor de combustão interna em que o combustível é inflamado por ser posto em contato com uma superfície de metal em brasa dentro de um bulbo. Quase todos os motores de Hot Bulb foram motores de um cilindro, com baixa velocidade e de dois tempos.

1920. Devido à sua maior imunidade a mudança descontroladamente da força gravitacional no motor, o conceito foi adaptado para uso em aviões movidos a gasolina durante a Segunda Guerra Mundial, e injeção direta foi utilizada em alguns projetos notáveis com o Junkers Jumo 210, a Daimler-Benz DB 601, o BMW 801, o Shvetsov ASh-82FN (M-82FN) e versões posteriores do Wright R-3350 usado no B-29 Superfortress, que foram motores de aviões de guerra utilizados na segunda guerra mundial.

A Alfa Romeo testou um dos primeiros sistemas de injeção elétrica (Caproni-Fuscaldo) no Alfa Romeo 6C2500. O motor tinha seis injetores eletricamente operados e foram alimentados por um sistema de semi-alta pressão de circulação de combustível.

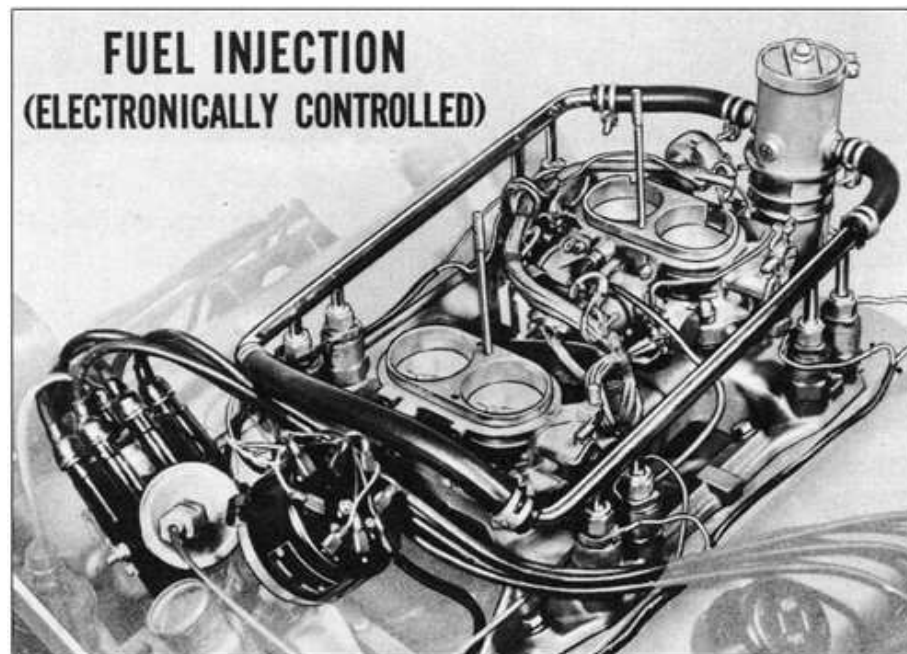


Fig.2: Propaganda do Primeiro Motor com Injeção Eletrônica

O primeiro sistema de injeção eletrônica de combustível (EFI) foi o Electrojector, desenvolvido pela Corporação Bendix e foi oferecido pela American Motors (AMC) em 1957. Na época um modelo de carro especial de alto desempenho, o Rambler Rebel, apresentava um novo motor o AMC 327 5.4 L. O Electrojector (sistema de injeção eletrônica) seria um opcional que de acordo com avaliações da época fornecia 288 cv (214,8 kW). Com efeito Venturi ou carburador aquecido (para ajudar a evaporar a gasolina) o EFI da AMC (Electrojector) utilizaria um motor que tinha um sistema de fácil sucção do ar, com o ar frio e mais denso para fornecer mais força antes da rotação usual, atingindo o pico de torque a 500 rpm, mais baixo do que motores com sistema injeção de combustível não eletrônica da época. Contudo devido a dificuldades do fornecedor, o Rebels de combustível injetado só estaria

disponível após 15 de junho de 1957. Esta era para ter sido a primeira produção de motores EFI, mas devido alguns problemas no Electrojector houve apenas a pré-produção de carros que eram equipados com o sistema, sendo assim muito poucos carros que foram equipados com o Electrojector nunca foram vendidos, pois nenhum deles foi disponibilizado ao público.

Tempos depois a Chrysler ofereceu o Electrojector na Chrysler 300D em 1958 e nos modelos Dodge D500, Plymouth Fury, e DeSoto Adventurer, sem dúvida foi a primeira produção em série de carros equipados com um sistema EFI. Ele foi co-projetada pela Chrysler e Bendix. Os componentes eletrônicos no início não possuíam aos rigores suficientes para o serviço sob o capô, ele do mais eram muito lentos para acompanhar as exigências de controle do volante do motor. A maioria dos 35 veículos equipados originalmente com o sistema de injeção eletrônica foram adaptados em para utilizar 4 carburadores de corpo duplo. As patentes Electrojector foram posteriormente vendidas a Bosch.



Fig.3: Sistema Bendix de Injeção Eletrônica.

Após o desenvolvimento inicial do sistema de injeção eletrônica utilizando a gasolina como combustível foi-se desenvolvido um protótipo do sistema common rail 1960 por Robert Huber da Suíça e a tecnologia desenvolvida no futuro pelo Dr. Marco Ganser no Instituto Federal Tecnologia da Suíça (Swiss Federal Institute of Technology) em Zurique.

O primeiro uso bem sucedido em veículo de produção começou no Japão em meados da década de 1990. Dr. Shohei Itoh e Masahiko Miyaki da Corporação Denso, um japonês fabricante de peças automotivas, desenvolveu o sistema de combustível Common Rail para

veículos pesados e transformou-o em prática no sistema common-rail ECD-U2 montado no caminhão Hino Rising Ranger e vendido para uso geral em 1995.

Modernos sistemas common rail, mantêm os mesmo princípios de funcionamento, são regidos por uma unidade de controle do motor (ECU), que abre cada injetor eletronicamente em vez de mecanicamente. Este protótipo foi desenvolvido na década de 1990 com a colaboração entre a Magneti Marelli, Centro Ricerche Fiat e Elasis. Após a pesquisa e desenvolvimento pelo Grupo Fiat, o design foi adquirido pela empresa alemã Robert Bosch GmbH para a conclusão do desenvolvimento e aperfeiçoamento de produção em massa. Em retrospectiva a venda pareceu ser um erro tático para a Fiat como a nova tecnologia provou ser altamente rentável. A empresa tinha pouca escolha a não ser vender, pois estava em mau estado financeiro na época e não tinha os recursos para completar o desenvolvimento por conta própria. Em 1997, eles estenderam seu uso para veículos de passageiros. O primeiro automóvel de passageiros que utilizaram o sistema Common Rail foi o modelo 1997 Alfa Romeo 156 2.4 JTD, mais tarde nesse mesmo ano a Mercedes-Benz produziu o modelo C 220 CDI.

Motores Common Rail têm sido usados em aplicações marítimas e locomotivas por algum tempo. O GN-8 Cooper-Bessemer (cerca 1942) é um exemplo de um motor diesel Common Rail operado hidraulicamente, também conhecido como um Rail comum modificado.

A empresa britânica Vickers utilizou o sistema Common Rail nos motores de submarinos por volta 1916. A Doxford Engines (oposição pistão motores marítimos pesados) usou um sistema Common Rail (1921-1980) em que um multi-cilindro de bomba de combustível alternativo gerou uma pressão de aproximadamente 600bar com o combustível que era armazenado em cilindros acumuladores. Controle da pressão foi obtido por meio de um curso regulável da bomba de descarga e uma "válvula de fluxo" e eixo de cames operava com sincronismo mecânico das válvulas. Motores mais antigos tinham um par de tempo do eixo de cames, uma para frente e um para execução ré. Mais tarde, os motores tinham dois injetores por cilindro e as séries finais dos motores turbo a pressão constante foram equipados com quatro injetores por cilindro. Este sistema foi utilizado para a injeção de dois óleo diesel e óleo combustível pesado (600cSt aquecido a uma temperatura de aproximadamente 130 ° C).



## **2.2) O que é Injeção Eletrônica.**

Injeção de combustível é um sistema de admissão de combustível em um motor de combustão interna. Tornou-se o sistema de entrega principal combustível utilizado nos motores a gasolina, com carburadores quase completamente substituído no final de 1980.

Um sistema de injeção de combustível é projetado e calibrado especificamente para o tipo (s) de combustível que irá tratar. A maioria dos sistemas de injeção de combustível são para aplicações de gasolina ou diesel. Com o advento da injeção eletrônica de combustível (EFI), o hardware (maquina ou meio físico) diesel e gasolina tornou-se similar. Firmware EFI programável tem permitido hardware comum para ser usado com diferentes combustíveis.

Carburadores foram os métodos predominante usados para combustível em motores a gasolina metros antes do uso generalizado de injeção de combustível. Uma variedade de sistemas de injeção de ter existido desde os primeiros uso do motor de combustão interna.

A principal diferença entre carburadores e injeção de combustível é que a injeção de combustível atomiza o combustível por força de bombeamento através de um pequeno bocal sob alta pressão, enquanto um carburador depende de sucção criado por ar de admissão correndo através de um venturi para desenhar o combustível para a corrente de ar.

## **2.3) Funcionamento do Sistema Common Rail.**

No sistema Common Rail, um acumulador ou Rail, é usado para criar um reservatório comum de combustível sob uma pressão consistente e controlada que é separado a partir dos pontos de injeção de combustível.

A bomba de alta pressão aumenta a pressão de combustível no acumulador até 1.600 bar ou 23.200 PSI. A pressão é definida pela unidade de controle do motor e é independente da rotação do motor e da quantidade de combustível a ser injetado em qualquer um dos cilindros. O combustível é então transferido através de tubos rígidos para os injetores de combustível, que injetam a quantidade correta de combustível nas câmaras de combustão.

Os injetores usados em sistemas Common Rail são acionados externamente por um controle eletrônico Diesel, ou unidade de EDC, que controla todos os parâmetros do motor de injeção, incluindo a pressão na linha de combustível e os tempos e a duração da injeção.

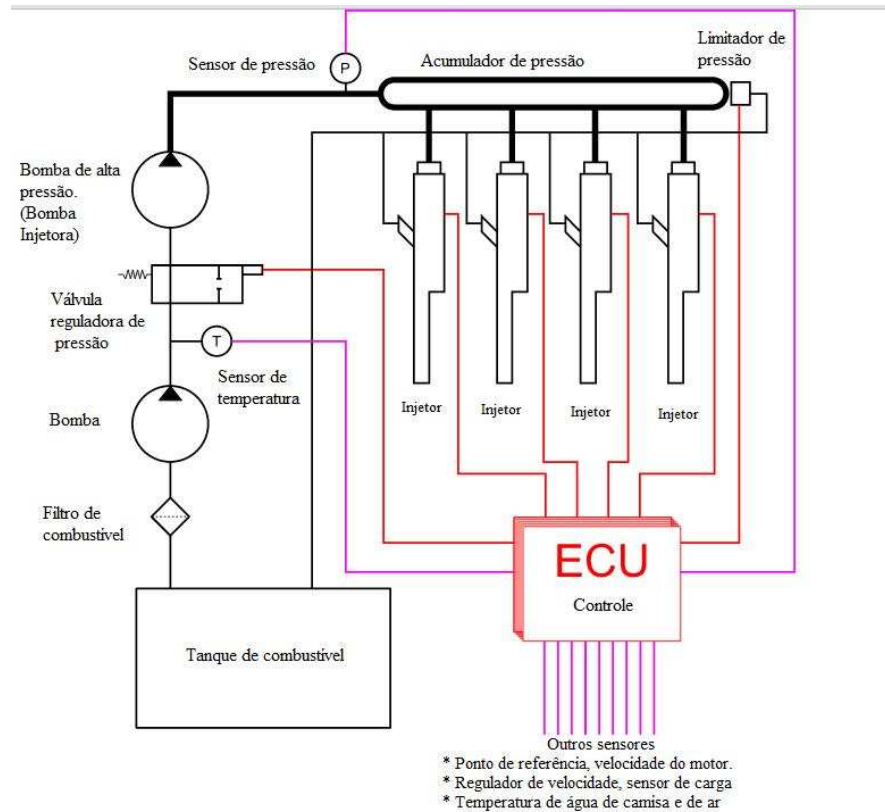


Fig.4: Sistema Common Rail

Injetores de combustível para motores diesel utilizados em sistemas de injeção Common Rail operam de forma diferente para injetores de combustível convencional usado no sistema de bomba de injetora, onde os êmbolos são controlados pela posição da árvore de cames e velocidade. Alguns injetores common rail são controlados por uma solenóide magnética no injetor. Força hidráulica da pressão no sistema é usada para abrir e fechar o injetor, mas a pressão disponível é controlada pelo solenóide acionada pela unidade de Controle Eletrônico Diesel.

Alguns injetores Piezo utilização de pastilhas de cristal para acionar os injetores. Estes cristais podem expandir-se rapidamente quando conectado a um campo elétrico. Em uma linha Piezo injetor, o atuador é construído no corpo injetor muito perto da agulha do jato e não usa partes mecânicas para mudar agulhas injetor.

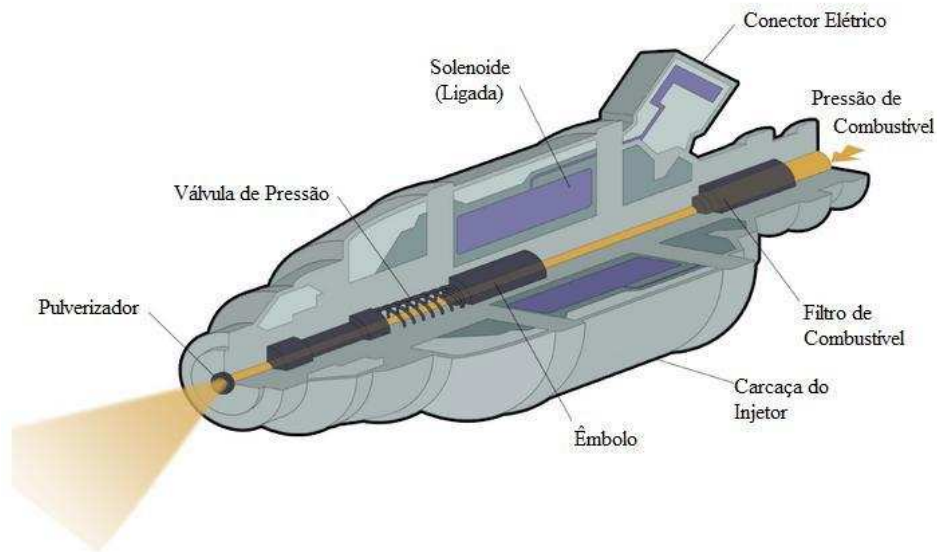


Fig.5: Injetor de Injeção Eletrônica

A unidade de controle eletrônico diesel precisamente metros a quantidade de combustível injetada, e melhora a atomização do combustível, controlando as pulsações injector. Isso resulta em motores de combustível mais silenciosos, mais eficientes; operação mais limpa e mais poder de saída.

#### 2.4) Vantagens

Benefícios operacionais de um sistema com injeção eletrônica de combustível incluem a resposta do motor mais suave de acordo com o aumento de carga, a partida do motor torna-se mais fácil e mais confiável, tem-se um melhor funcionamento em altas ou baixas temperaturas ambientes, maiores intervalos de manutenção, e um grande aumento na eficiência do combustível.

A proporção ar combustível de um motor deve ser controlada com precisão em todas as condições operacionais para alcançar o desempenho do motor desejado, emissões, flexibilidade a variações de carga e economia de combustível. Sistemas de injeção de combustível podem reagir rapidamente as de mudança, como os movimentos de súbito aumento de carga, e controlar a quantidade de combustível injetado para atender às necessidades dinâmicas do motor através de uma ampla gama de condições operacionais, tais como carga do motor, temperatura do ar ambiente, temperatura do motor e pressão atmosférica.

O Common Rail Sistema de Injeção Diesel fornece uma quantidade mais controlada do combustível atomizado, o que leva a melhor economia de combustível, uma redução de emissões de escape, e uma diminuição significativa no ruído do motor durante a operação.

## **2.5) Conclusão**

O sistema Common Rail que oferece muitas vantagens em relação a performance do motor, que acaba impactando em um menor desgaste do motor, aumentando a vida útil das peças a serem substituídas e conseqüente mente reduzindo os custos de manutenção do armador. Entre muitas das vantagens deste sistema ele apresenta uma ao qual está em evidência nos dias atuais que seria uma redução de poluentes, pois o sistema promove uma queima melhor, oferecendo também um baixo consumo de combustível e maior potência.

Todos estes motivos acabam sendo muito atrativos para o armador que acaba optando pelo sistema de injeção eletrônica e tornando assim essa tecnologia cada vez mais realidade na Marinha Mercante.

## **Capítulo 3: Propulsão Elétrica.**

### **3.1) História da Propulsão Elétrica**

#### **Rússia Imperial 1834**

O físico alemão Moritz Hermann Jacobi apresenta um papel para a São Petersburgo Academia de Ciências sobre eletromagnetismo aplicados às máquinas. Quatro anos mais tarde o Czar Nicolau I concede Jacobi dinheiro suficiente para projetar e construir um motor elétrico a ser instalados em um bote de dez remos.

O motor construído por Jacobi compunha eletroímãs para conduzir duas pás (hélices eram desconhecidos ainda). O arranjo geral foi bem sucedido e o barco a remo elétrico começou a viagem até o Rio Neva, aplaudido pelo Czar e sua corte. Mas o motor deu o máximo vapores nitrosos iguais ao vapores de um trem a vapor. Os pioneiros corajosos, engasgados e asfíxiados com esses vapores repugnante e sufocante, eram obrigados a parar as suas observações. No ano seguinte Jacobi tentou outro experimento com o mesmo barco. Foi trabalhado por uma bateria de um quinto do tamanho do anterior. Seguindo a fórmula recentemente publicada pelo físico britânico William Grove, ele utilizou um concentrado de ácido nítrico e ácido sulfúrico. O barco atingiu uma velocidade média de 3 nós com cerca de 12 ou 13 passageiros a bordo.

Em agosto de 1848 um barco elétrico foi demonstrado sobre o lago privado do Penllergaer perto de Swansea, País de Gales. Foi impulsionado por um motor desenvolvido por Benjamin Hill, patrocinado por John Llewelyn Dillwyn, novamente derivando sua energia a partir de uma célula de Grove.

Vinte anos se passariam antes que um certo Monsieur de Molins lança-se seu barco a remo elétrico no lago Bois de Boulogne. Apesar de suas forte baterias elétricas (desenvolvido por Robert Bunsen e usando eletrodos de carbono em vez de platina), o barco começou devagar, desapareceu atrás da ilha que forma o centro do lago e não reapareceu.

O desinteresse durou diante desta promissora forma de força motriz até que um fabricante parisiense de instrumentos de precisão elétrica, Gustave Trouve, chegara ao local. Em Maio de 1880 ele patenteou uma pequeno motor elétrico de 11 Lb (5 Kg) e descreveu

suas possíveis aplicações (Patente N ° 136560). Trouve sugeriu o uso de dois motores, cada um dirigindo uma roda de cada lado do casco. Mais tarde ele evoluiu para uma hélice multi-pás. Modificações para esta patente mestra datam de agosto de 1880, em seguida, março, julho, novembro e dezembro de 1881. Para citar: "É o leme que contém a hélice e seu motor, o todo que é removível e facilmente levantado fora do barco ..."

Com esta invenção, Trouve não só poderia reivindicar o primeiro motor marítimo externo do mundo, mas tomar o mesmo motor e adapta-lo como o mecanismo de acionamento de um triciclo pedal conversor de rotação ou velocípede, Trouve também foi pioneiro no primeiro veículo do mundo elétrico. Em 1 de agosto de 1881 Trouve faz a apresentação do relatório de avaliação para a Academia Francesa de Ciências, afirmando: "Eu tive a honra de apresentar a esta Academia, na sessão de 07 de julho de 1880, um novo motor elétrico baseado na excentricidade da flange de bobina Siemens . Por estudos sugestivos, que me permitiram reduzir o peso de todos os componentes do motor, eu tenho conseguido obter uma saída que me parece bastante notável.

Um motor de 5 kg de peso, alimentado por 6el de Plante produzir um trabalho eficaz de 7kgm por segundo, foi colocada, em 08 de abril, em um triciclo, cujo peso, incluindo o piloto e as baterias subiu para 160 kg (352 Lb) e registrou uma velocidade de 12 km/h.

Colocado mesmo motor em 26 de maio em um barco de 5,5 m de comprimento e 1,2 m de boca, transportando três pessoas, forneceu uma velocidade de 2,5 m/s em descer o Sena na Pont-Royal e 1,5 m/s em voltar rio acima. O motor foi impulsionado por dois baterias de bicromato de potássio cada um produzindo 6el e com uma hélice de três pás.

Em o 26 de junho de 1881, ele repeti esta experiência nas águas calmas do lago superior do Bois de Boulogne, com uma hélice de quatro pás de 28 centímetros de diâmetro e 12el de placas de Ruhmkorff tipo Bunsen, carregado de uma parte ácido clorídrico, uma de ácido nítrico parte e duas partes de água no vaso poroso, de modo a diminuir a emissão de vapores nitrosos. A velocidade medida no início atingiu 150 metros em 48 segundos, ou um pouco mais de 3m por segundo, mas depois de três horas de funcionamento, este número baixou para 150 metros em 55 segundos e depois cinco horas, este tinha ainda caído a 150m em 65 segundos.

Uma bateria de bicromato, dentro de uma caixa 50 centímetros de comprimento, dará uma corrente constante de 7 à 8 horas. Há uma grande economia de combustível e limpeza.

Durante os 15 anos que se seguiram, estima-se que mais de 100 motores elétricos Trouve foram instalados em embarcações particulares. Algumas destas foram equipadas com os faróis elétricos e buzinas. Havia, por exemplo, a Sirene, um barco encantador elétrico que ele construiu para Monsieur de Nabat, projetando-o para que seu dono pode-se mudar a de hélice para remos. Este barco, cujo proprietário usou seus três vezes por semana durante longos períodos, medido 29,5 pés de comprimento por 6 pés de boca e velocidade de cruzeiro entre 8 ½ e 9 ½ mph (14 à 15 km/h), sua hélice girando em entre 1.200 e 1.800 rpm.

Para mostrar a velocidade com que um barco elétrico podia se mover em uma situação de corrida, em 08 de outubro de 1882 o Trouve Craft foi lançado no rio Aube e guiado pelo circuito de corrida apenas cinco minutos antes do início. Esta famosa corrida do barco percorreu mais de 2 milhas (3,2 km) em 17 minutos, com média de 7 mph (11 km / h) e devagar o suficiente para fazer quatro voltas ao redor das bóias!

Em setembro de 1888 um barco Trouve foi enviado à China para lutar contra o contrabando de ópio no Mar da China. 49 pés (15m) de comprimento e casco de aço, que pesava cerca de 8 toneladas, um propulsor de bronze tinha um diâmetro de cerca de 20 polegadas (500 milímetros).

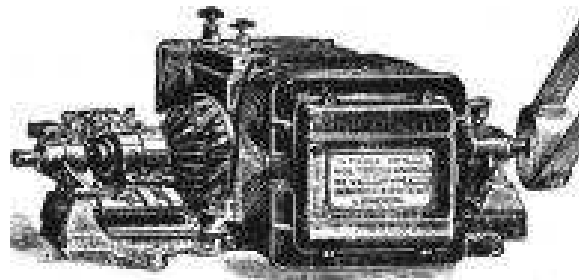


Fig.6: Motor Immisch

Moritz Immisch, nascido na Alemanha, relojoeiro virou engenheiro elétrico. Tendo trabalhado na battery-operated trams (antigo bonde elétrico) em Londres, em 1887 Immisch uniu-se com o Visconde Bury pioneiro da primeira frota de aluguel de barcos elétricos do mundo. Um barco casa de 80 pés (24m) no Thames foi convertido para uma estação de carregamento com um semi-portátil motor a vapor que movimentava um dínamo. Quatro outras estações foram criadas em uma ilha em Platts Island perto de Hampton tornando-se o

quartel-general. A partir de uma inicial de seis lançamentos, em 1904 a operação Immisch tinha crescido para cerca de 23, todos capazes de levar 4 à 50 passageiros.

Os acumuladores foram fabricados pela Companhia de Energia Elétrica de armazenamento para conduzir motores Immisch de 1.5hp à 12hp, a 65, 95 e 120 volts, e percorrer 30 milhas em 6 mph, metade a com toda carga e metade com pouca carga, com apenas uma carga elétrica.

Em 1888, havia meia-dúzia de estações de carregamento no Tamisa, mas em 1902 havia mais de 20 em terra e duas barças flutuantes. Em Maidenhead sozinho, sete operações de barco elétrico de aluguel impulsionavam os negócios. Durante o mesmo período, mais de 50 construtores navais britânicos foram conhecidos por terem construído um ou mais embarcações elétrica. A maioria destes foram do estaleiro Thameside. Embarcações também foram exportados para Veneza, Ceilão e na África do Sul, enquanto príncipes orientais e rajás recebido sumptuosamente embarcações equipadas.

A Thames Valley Launch Company de Weybridge, Surrey, ofereceu 29 embarcações para contrato, muitas das quais foram equipadas com hélices franjas. Srs. Andrews & Sons de Maidenhead tinha uma frota de 12 embarcações elétricas, cada uma o nome de um peixe de água doce, com uma bandeira adicional denominada Angler. Foi no Angler que o rei Edward VII, a Rainha Alexandra e um partido real apreciou os prazeres do Tamisa.



Fig.7: O Gordon Mary - construído 1898

Além de mais de 100 barcos elétricos nas 93 milhas do Tamisa entre Teddington e Oxford, uma série de corporações locais comprou barcos elétricos para utilização em seus parques ornamentais. Em Leeds, por exemplo, um 70 pés de lançamento (11m) chamada Mary Gordon foi capaz de tomar ou 75 adultos e 120 crianças para viagens em Waterloo Lake, Roundhay Park. Um barco semelhante contratado para trabalhar em Southport. O lago



inglês Lake District, lago Irish e lago Scottish também tinha um número de embarcações elétricas para alugar.

Em outros lugares, British elétrica barco pioneiro Anthony Reckenzaun e seu irmão Frederick, emigraram para os EUA e se estabeleceram em Newark, New Jersey. Usando a experiência adquirida com a embarcação de travessia de canal Volta e outras embarcações, eles construíram para seu próprio uso um barco elétrico de 28 pés (8m), que deram o nome de Magnet (ímã), com um motor de 2.5HP, 420lb (191 kg), o motor de Reckenzaun era alimentado por dois bancos de acumuladores feito pela Electric Accumulator Company de Newark. O navio foi revisado por Thomas Martin, editor de O Engenheiro Eletricista, que descreveu uma viagem de 50 à 60 milhas sem recarga, de modo a apoiar a reivindicação de Reckenzauns, 60 à 70 milhas em 10 horas.



Fig.8: Propaganda de um barco elétrico em 1892

Foi em 1891 que o fabulosamente rico WK Vanderbilt se tornou o primeiro americano a pedir um barco elétrico. Foi construído no estaleiro Charles L. Seabury 's, medindo 30 pés (9m) de comprimento e foi chamado de Alva. Em termos de comprimento, o milionário americano John Jacob Astor ostentou o maior barco elétrico de propriedade privada elétrica no mundo: a 72 pés (22m), Utopia tinha dois motores cada um fornecendo em torno 25hp e foi luxuosamente equipado como um Titanic em miniatura. O maior barco elétrico de passageiros maior do mundo, no entanto, foi a Vitória (28.4m) 93 pés, projetado por William S. Sargeant em 1904, com licença para transportar 350 passageiros a mais que Westminster Bridge.

### 3.2) Comparação entre a Propulsão Elétrica e a Propulsão Mecânica.

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 há 50 anos atrás.

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 velocidade do navio pelo controle da rotação do motor elétrico.

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 do navio com os sistemas auxiliares (Fig. 9). E com a eletrificação dos sistemas auxiliares, abre-se a possibilidade de utilização de estruturas modulares com maior flexibilidade para expansões futuras.

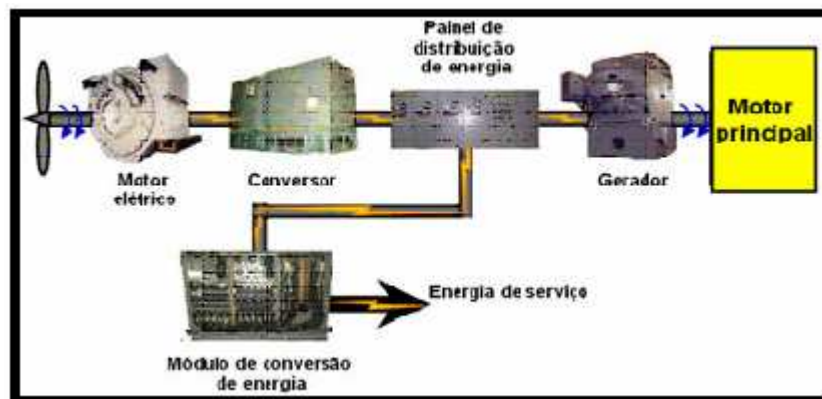


Fig. 9: Sistema de Acionamento Elétrico Integrado.

Nos navios dotados 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 uma turbina a vapor, um motor diesel, ou uma turbina a gás, é acoplado diretamente ao eixo propulsor do navio 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 das acomodações, do sistema de operacional e demais 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 (Fig. 10). 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.

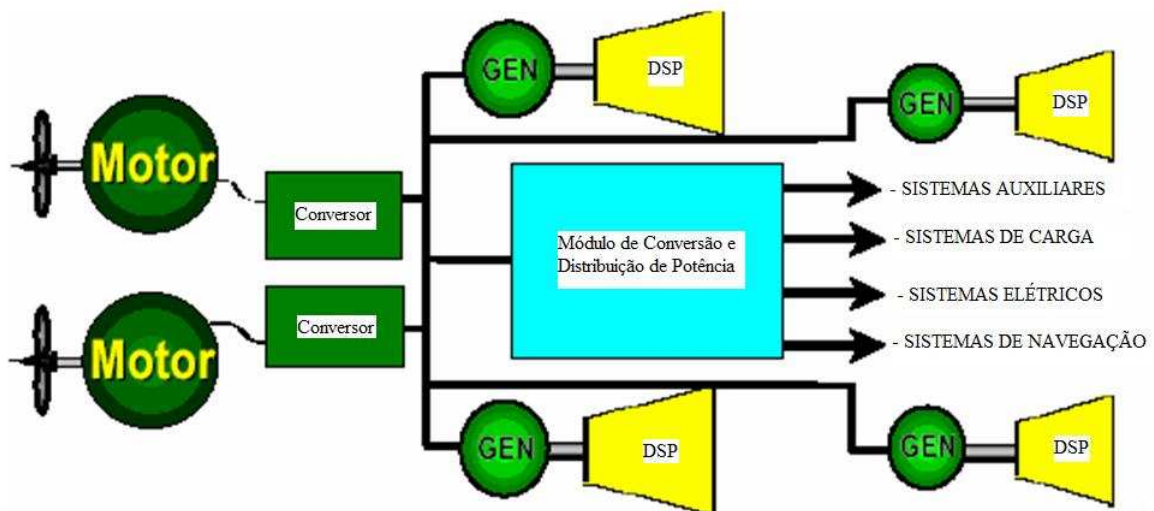


Fig. 10: Diagrama em blocos de um Sistema de Propulsão Elétrica.

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 o navio opera com velocidade mais baixa a eficiência da transmissão elétrica é maior do que a da transmissão mecânica. E considerando que, as embarcações mercantes em sua maioria operam com baixas velocidades de navegação, tem-se aí o grande diferencial positivo para justificar o emprego da Propulsão Elétrica.

### 3.3) Aspectos Relevantes na Escolha do Arranjo de Propulsão Elétrica

Todos os sistemas de propulsão elétrica possuem quatro componentes em comum: o equipamento de acionamento principal, o gerador, o motor elétrico e o seu conversor.

Apesar de possuir os mesmos componentes básicos, a metodologia de operação do sistema e o arranjo dos equipamentos podem ser totalmente distintos.

Existem quatro aspectos de maior relevância na escolha do arranjo da propulsão elétrica a ser empregado:

- 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 tamanho e os requisitos operacionais do navio são os fatores que irão definir o tipo de equipamento de acionamento principal que será empregado na propulsão do navio (turbina a gás, a vapor ou motor diesel). Nos arranjos atuais o acionador principal gira em uma velocidade fixa e as variações na frequência ocorrem na saída do conversor.

Os aspectos relevantes na escolha do tipo de acionamento principal são: o tamanho, o peso incluindo os calços, a economia de combustível alcançada e os custos operativos (manutenção, estoque de peças sobressalentes, treinamento de pessoal, e o custo de indisponibilidade do meio durante o reparo).

A escolha da arquitetura da distribuição da energia ao longo do navio também merece cuidadosos estudos e análises. A distribuição em corrente alternada, desde a unidade geradora até a carga consumidora é a mais utilizada atualmente nos meios navais.

A outra possibilidade consiste na distribuição em corrente contínua por zonas, através de um barramento que direciona a energia para diferentes partes do navio onde a regulação da tensão é efetuada até o nível desejado.

Dentro das zonas de distribuição em corrente contínua, caso seja necessário, a potência elétrica pode ser convertida em alternada e utilizada por consumidores locais que estiverem posicionados dentro desta região. A distribuição por zonas em corrente contínua consegue obter uma simples monitoração e controle eletrônico do nível da corrente elétrica, desde a quase instantânea detecção da falta, fato este, que irá possibilitar uma rápida substituição entre as fontes geradoras disponíveis em operação.

Outro aspecto importante na escolha do arranjo da distribuição elétrica de bordo é a filosofia que será empregada na situação do navio atracado ao cais e recebendo alimentação elétrica proveniente das subestações geradoras de terra. Uma alternativa usual, para esta situação consiste no navio dispor de uma ou mais unidades geradoras com potência nominal menor para serem utilizadas quando o navio estivesse atracado, onde a carga de bordo passa a ter valores bem reduzidos (aproximadamente 30 % da carga total).

### **3.4) Tipos de Propulsão Elétrica**

#### **3.4.1) Azipod**

Um sistema de propulsão Azipod é composto por um hélice de passo fixo impulsionado por um motor elétrico através de um eixo curto. O eixo e o motor estão localizados dentro de um casulo abaixo da linha d'água. A unidade pod (casulo) está ligado ao casco do navio através de um suporte e montagem do rolamento de giro. Este conjunto permite que a unidade inteira possa girar, assim, o impulso desenvolvido pela hélice pode ser dirigido em qualquer lugar direção no plano, dando um giro de 360°.

O arranjo do propulsor elimina a exigência de um leme e adicionais apêndices, como suportes do eixo. Esse arranjo oferece a vantagem de produzir um menor arrasto, o eixo curto também pode ajudar a reduzir o ruído e vibração, pois quanto menor o eixo menor será o efeito de ruído ou vibração produzidos. A hélice trabalha em um fluxo mais uniforme, o que reduz as variações de carga e risco de cavitação. Sistemas de propulsão pod também render muito melhor capacidade de manobra do que hélices convencionais, especialmente em operação em águas restritas. Apesar destas vantagens, os sistemas de propulsão pod têm algumas desvantagens, como alto custo de capital e cargas elevadas durante a operação em condições de fluxo oblíquo.

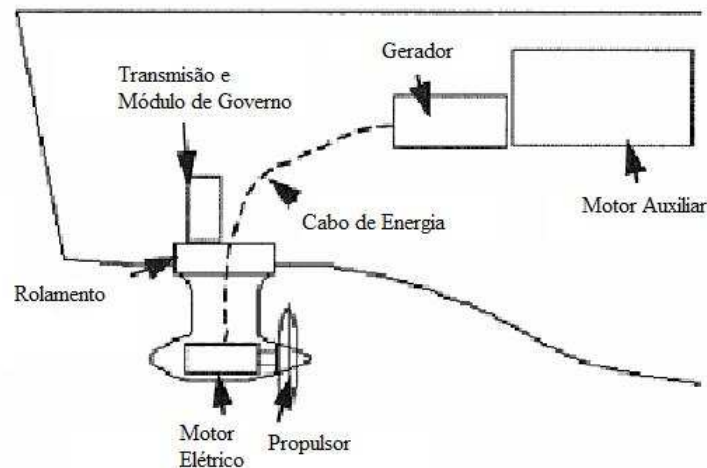


Fig.11: Sistema Azipod

Basicamente o Azipod pode ser utilizado para dois fins, propulsão ou como auxiliador de manobra, na primeira opção descarta-se o uso de lemes e o pod impulsiona a embarcação no sentido desejado, já no uso como auxiliar de manobra haverá um propulsor diferente ao Azipod que irá impulsionar a embarcação, o Azipod será utilizado apenas nas manobras de aproximação de uma unidade onde se necessite maior precisão na posição ou distância mantida entre a embarcação e o objeto de referência.

### 3.4.2) Z-drive

Os z-drives são assim chamados por causa de sua configuração de eixo, horizontal do motor elétrico para a transmissão, vertical através do casco, da transmissão superior para a transmissão inferior, e horizontal novamente, da transmissão inferior para a hélice, sendo o eixo superior acoplado a um motor elétrico que normalmente é controlado por um inversor de frequência, fazendo o controle da variação de tensão e frequência para se obter diferente velocidade de propulsão, no caso dos z-drivers que possuem passo variável a variação de velocidade é feita a partir da mudança de ângulo das pás do hélice, mantendo-se constante a velocidade de rotação do eixo. Os z-drives modernos estão provando serem robustos e confiáveis, nos dias atuais este sistema está se tornando o sistema de propulsão preferido para a maioria das embarcações off-shore, pois propulsões que necessitem de grandes entregas de potência podem operar com o sistema sem que comprometam grandes espaços verticais nas praças de máquinas, o que é um grande obstáculo nas praças de máquinas das embarcações off-shore nos dias atuais.

O custo inicial e custos de manutenção operacionais são mais altos do que qualquer um hélice convencional entretanto z-drives podem impulsionar a embarcação em qualquer direção, fazendo com que as embarcações em que estão instalados sejam extremamente manobrável, fazendo que o leme não seja utilizado com a propulsão Z-drive.

De todos os de propulsão sistemas disponíveis, eles são o sistema mais adequado para posicionamento dinâmico.

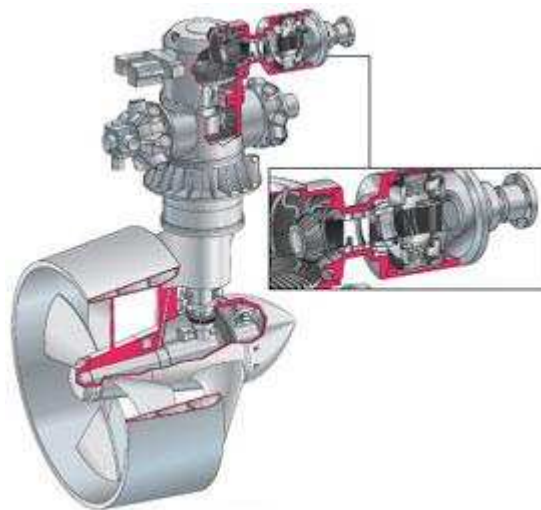


Fig.12: Z-drive

Para um z-drives trabalhar eficazmente, ele precisa se estender abaixo do casco em uma embarcação pequena para que seus impulso não sejam bloqueado. Isto dá a embarcação um projeto relativamente vulnerável e inadequado para o trabalho em águas rasas.

### 3.4.3) L- Drive

O sistema de propulsão L-drive teve seu nome devido ao formato em L que se obtém através do corte transversal da embarcação, sendo o sistema composto por: um motor elétrico, um eixo vertical e um eixo horizontal inferior, tornando-se basicamente igual ao do Z-drive porem com um eixo de transmissão a menos, o que gera menor perda de potência no sistema de propulsão, menor desgaste de materiais e menor gasto com manutenção, pois o sistema é composto um menor numero de itens.

A grande desvantagem do sistema de propulsão L-drive é a necessidade de utilização do espaço vertical na praça de máquina, pois o motor elétrico é montado verticalmente acima do eixo de transmissão horizontal, e dependendo da potencia necessária a ser fornecida para o

sistema propulsão as dimensões do motor elétrico se tornarão uma impossibilidade física para alguns tipos de embarcações, no caso os rebocadores off-shore seriam um dos grandes afetados com esta desvantagem, entretanto este sistema de propulsão vem sendo muito utilizado em plataformas com o casco semi-submersível (SS) pois os thrusters são instalados nas pernas da plataforma, onde se dispõe de muito espaço vertical e pouco espaço horizontal.



Fig.13: L-drive

#### 3.4.4) Water Jet

O Sistema de water jet ou jato d'água é um sistema montado da mesma forma que um sistema fixo usual de propulsão, ou seja na parte inferior da popa, e o sistema é atualmente utilizado em embarcação mercantes.

O sistema de water jet é um sistema simples que é composto de quatro componentes: a aspiração, a bomba, o bocal e o dispositivo de direção. Na figura a baixo consta um desenho de uma instalação típica de jacto de água, com os principais componentes rotulados.



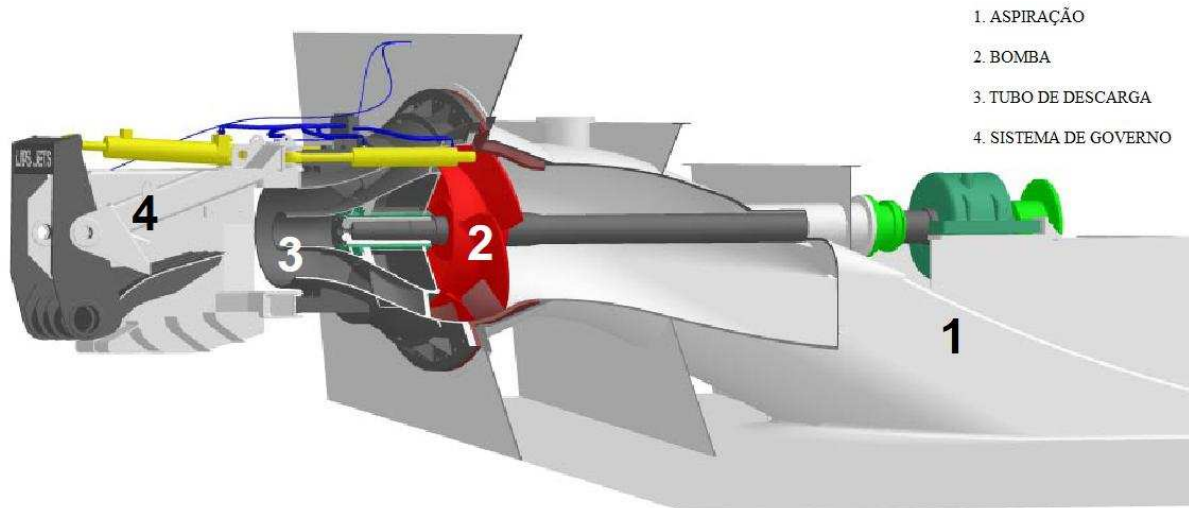


Fig.14: Sistema do water jet

O componente principal é a bomba, o que proporciona ao tubo de descarga o jato de água. Em geral, a carcaça do estator e o tubo de descarga são integrados em uma só parte. A combinação da unidade da bomba e o tubo de descarga são considerados como a bomba do jato de água. No sistema mencionado a bomba é acionada por meio um elétrico, a bomba aspira, descarrega e faz o sistema de reversão por meio de uma peça em formato de concha que acionada por meio hidráulico

O sistema de jato de água foi e é muito utilizado em embarcações pequenas e em embarcações de alta velocidade. Eles na verdade são mais eficientes do que hélices convencionais quando as velocidades utilizadas serão acima de 25 nós. Este mesmo sistema é utilizado em algumas embarcação da empresa Barca S/A.

Jato de água de propulsão presta-se a operação em águas rasas. Barcos geralmente podem encalhar ou sentar-se no fundo, sem danos ao sistema de propulsão, o jato de água de propulsão é mais seguro para mergulhadores mais do que qualquer uma das opções de propulsão.

### 3.5 ) As Principais Vantagens da Propulsão Elétrica

### 3.5.1 ) Redução do Consumo de Combustível

Em navios com propulsão mecânica tradicional, a velocidade do motor é que define a rotação do hélice; conseqüentemente, dependendo do perfil de operação do navio, o motor pode não operar na faixa de rendimento ótimo, associado às altas velocidades. Isto significa desperdício de combustível e excessivo desgaste mecânico.

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. A Marinha Americana estimou a eficiência energética em aproximadamente 17% melhor que em relação à propulsão convencional mecânica.

De acordo com a linha de pesquisa 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. 19).

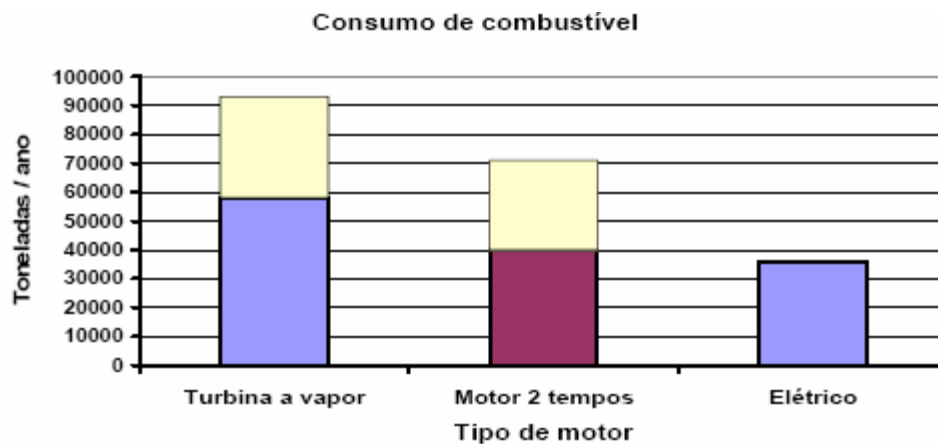


Tabela 1: Consumo de Combustível.

### 3.5.2 ) Redução da Tripulação

A tendência para os futuros navios elétricos 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 com conseqüente redução de tripulação, proporcionando adicional benefício através da redução de custo operacional.

### 3.5.3 ) 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.

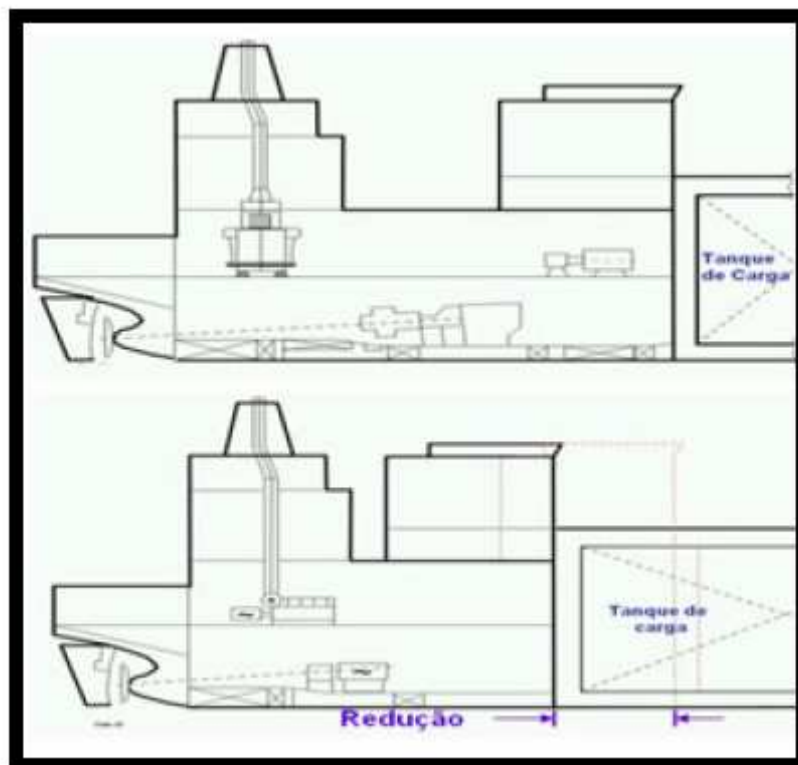


Fig.15: Distribuição dos Equipamentos na Praça de Máquinas.

Observa-se na 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 pelo navio, em áreas menos críticas, com um aproveitamento otimizado do espaço disponível a bordo.

No navio com propulsão elétrica não são necessários motores auxiliares para gerarem energia exclusivamente para o consumo elétrico da embarcação, como iluminação, tomadas, bombas, etc... Toda energia demandada pelo navio será gerada pelos motores principais. Esta diminuição na quantidade de motores também provoca redução de custos e economia de espaço.

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.

#### **3.5.4 ) Aumento da Capacidade de Sobrevivência do Navio**

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

A facilidade para o redirecionamento da energia elétrica a bordo, possibilita uma elevada gama de possibilidades de ações para minimizar os efeitos decorrentes de múltiplas falhas simultâneas.

#### **3.5.5 ) Aumento da Vida Útil do Navio**

As embarcações mercantes modernas incorporam cada vez mais sensores e equipamentos de operação de alta complexidade tecnológica, que os tornam muito mais potentes 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 dos navios tradicionais.

Com o evento da automação dos sistemas de carga, nas décadas de 80 e 90, mais equipamentos elétricos e eletrônicos estão sendo incorporados aos navios, 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. A futura adoção dos equipamentos elétricos, que estão atualmente em pleno desenvolvimento, tende a agravar ao extremo esta situação.

Com a propulsão elétrica, o cenário muda radicalmente. Os geradores de bordo alimentam simultaneamente a propulsão, as auxiliares e os sistemas de carga, através de um sistema de distribuição redundante e reconfigurável. Os motores são dimensionados para atender ao navio em velocidade máxima, com todos os sistemas vitais em operação.

Com isto, em velocidade normal, o navio 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.

Os navios projetados com propulsão elétrica podem ter vida útil maior, da ordem de 50 anos, contra 25 ou 40 anos dos navios com propulsões tradicionais.

### **3.5.6 ) Redução dos Custos de Manutenção**

A viabilidade da existência de uma tecnologia comum dentre as diversas plataformas navais (ex: plataformas, navios de pesquisa, manuseio de âncora, etc...), 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.

### 3.5.7 ) Redução da Emissão de Poluentes

Atualmente todas as Marinhas Mercantes do mundo são pressionadas pelos órgãos ambientais para que as mesmas em seus projetos de futuros navios, e também em relação aqueles já em funcionamento, apresentem uma redução na quantidade de poluentes emitidos durante a realização de suas 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, principalmente para navios que operam em países que assinaram o Protocolo de Kyoto.

Durante a operação com navios mercantes, 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.

De acordo com algumas linhas de pesquisa, a Fig. 21, 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 consequentemente uma menor liberação de gases poluentes (ex: CO<sup>2</sup> - 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 o navio parado durante as viagens.

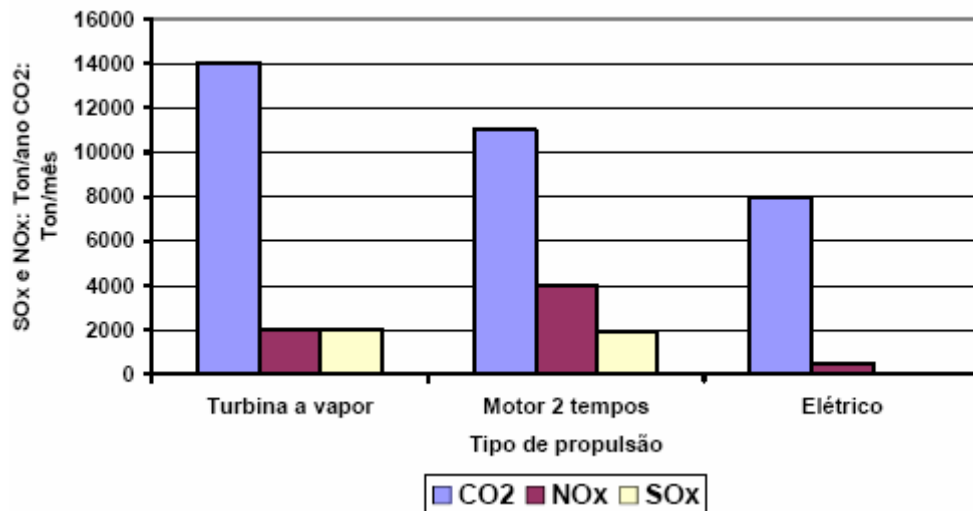


Tabela 2: Emissões de Gases na Atmosfera.

No futuro não somente os poluentes emitidos durante a vida operativa do navio 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.

### 3.6 ) Conclusões

Como foi visto neste trabalho, a aplicação da propulsão elétrica em embarcações tem uma história de sucessos ao longo dos últimos anos.

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

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;
- 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).



## **Capítulo 4: Conclusão**

### 4.1) Conclusões Finais.

De acordo com o estudo apresentado as novas tecnologias utilizadas na Marinha Mercante, injeção eletrônica e propulsão elétrica, tem um grande potencial para em futuro não muito distante se tornarem uma opção de escolha natural, não havendo outros produtos no mercado e tornando o sistema de injeção mecânico e a propulsão direta obsoletos, coisa de um passado superado.

Podemos chegar a esta conclusão devido as grandes vantagens que estas novas tecnologias tem a oferecer, vantagens estas que suprem as preocupações e necessidades do nosso mundo moderno, que cada vez mais se preocupa com o nível de emissão de poluentes descarregado no ar e com a redução do consumo de energia. Estes sistemas também estão atraindo cada vez mais o armadores que buscam a maximização do seu lucro através de um menor gasto com combustível e manutenção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

O'Hara, Glen, 2009, *The Sea is Swinging Into View: Modern British Maritime History in a Globalised World*, "English Historical Review, Volume. 124.

SEBASTIAN I. Sobecki, 2008, *The Sea And Medieval English Literature*, D.S Brewer, Cambridge, 2008.

*240 Landmark of Japanese Automotive Technology*. Disponível em [http://www.jsae.or.jp/autotech/data\\_e/10-8e.html](http://www.jsae.or.jp/autotech/data_e/10-8e.html). Acesso em 30 out. 2011.

*Ciência do Mar*. Disponível em <<http://www.cfh.ufsc.br/~oceano/documents/Cienciadomar.pdf>>. Acesso em 30 out. 2011.

*The Story of Solar Boats*. Disponível em < <http://sunboat.com/history/history.html>>. Acesso em 30 out. 2011.

*History of our Classic Motor Yachts*. Disponível em <http://www.elcomotoryachts.com/history.shtml>. Acesso em 31 out. 2011.

*Rebirth of a carmaker*. Disponível em [http://www.economist.com/node/11090197?story\\_id=11090197](http://www.economist.com/node/11090197?story_id=11090197). Acesso em 31 out. 2011.

*Common-rail*. Disponível em < <http://pt.wikipedia.org/wiki/Common-rail>>. Acesso em 31 out. 2011.

*Doxford Engine Friendes Association*. Disponível em < <http://www.doxford-engine.com/engines.htm>>. Acesso em 31 out. 2011.

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

ARRINGTON, J., W., 1998, *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.

BASSHAM, B., A., 2003, *An Evaluation of Electric Motors for Ship Propulsion*, Master of Science in Electrical Engineering, Naval Postgraduate School (NPS), Monterey, California, USA.

PEREIRA, N., N., BRINATI, H., L., 2006, *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.