

**CENTRO DE INSTRUÇÃO  
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA  
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA  
MARINHA MERCANTE - EFOMM**

**MELHORANDO O MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA PARA  
REDUZIR A EMISSÃO DE POLUENTES**

**Por: Kelly Fernanda da Silva Geraldo**

**Orientador**

**Prof. José Barretto Cardoso Filho**

**Rio de Janeiro**

**2011**

**CENTRO DE INSTRUÇÃO  
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA  
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA  
MARINHA MERCANTE - EFOMM**

**MELHORANDO O MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA PARA  
REDUZIR A EMISSÃO DE POLUENTES**

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas (FOMQ) da Marinha Mercante.

Por: Kelly Fernanda da Silva Geraldo

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA**

**CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE -  
EFOMM**

**AVALIAÇÃO**

PROFESSOR ORIENTADOR (trabalho escrito): \_\_\_\_\_

NOTA - \_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA (apresentação oral):

\_\_\_\_\_  
Prof. (nome e titulação)

\_\_\_\_\_  
Prof. (nome e titulação)

\_\_\_\_\_  
Prof. (nome e titulação)

NOTA: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_\_

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus amigos e familiares  
pelo incentivo, paciência e compreensão.

Devo muito a vocês.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha família,  
principalmente a minha mãe, pois sem o seu  
apoio nada disso seria possível.

## **RESUMO**

Esse trabalho tem como objetivo mostrar as novas tecnologias que estão em processo de pesquisa ou que já estão sendo usadas para reduzir a emissão de poluentes pelos meios marítimos de transporte.

Para facilitar o entendimento do leitor sobre este assunto tão vasto que é a área de Máquinas, apresentaremos o Motor de Combustão Interna de forma sucinta: suas partes principais, classificações e princípios de funcionamento. Após adquirir esse conhecimento básico sobre motores, o leitor será apresentado aos combustíveis marítimos: quais são e que danos podem causar ao meio ambiente. Por fim, mostraremos meios de reduzir a emissão de poluentes na atmosfera.

Palavras Chaves:

Motor de Combustão Interna, Combustível Marítimo, Emissão de Poluentes

## **ABSTRACT**

This essay aims to describe the new technologies that are in research process or are already being used to reduce the emission of pollutants by maritime vessels.

In order to facilitate the reader's understanding of such a vast subject that is the area of machines, the common internal combustion engine will be explained succinctly: its main parts, classifications, and operating principles. After acquiring this basic knowledge of engines, the reader will be introduced to the maritime fuels: What they are and what damage they may cause to the environment. Finally, we will explain how to reduce the emission of pollutants into the atmosphere.

Key Words:

Diesel Engine, Marine Fuel, Emission of Pollutants

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1 - Motor de Combustão Interna.	11
1.1 - Motores Térmicos.	11
1.2 - Classificações dos Motores.	11
1.3 - Componentes.	13
1.4 - Definições	16
2 - Principais Diferenças entres os Motores.	18
2.1 - Diferenças entre o Ciclo Otto e Diesel.	18
2.2 - Funcionamento Motor Diesel de 2 Tempos.	19
2.3 - Ciclo Operativo do Motor Diesel de 4 Tempos.	20
3 - Combustíveis Marítimos.	22
3.1 - Definição dos Combustíveis Marítimos.	22
3.2 - Bunker.	23
3.3 - Óleo Diesel.	24
3.4 - Poluentes emitidos pelo Óleo Diesel.	25
3.5 - Transporte Marítimo.	28
4 - Novas Tecnologias.	31
4.1 - Injeção Eletrônica.	31
4.2 - Uso do Biodiesel.	33
4.3 - Propulsão Mista.	35
4.4 - Motor a Gás.	36
CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

## FIGURAS

Figura 1.1 Vista dos cilindros .....	12
Figura 1.2 Cilindros dispostos em linha .....	12
Figura 1.3 Vista dos cilindros em V .....	12
Figura 1.4 Cilindros Opostos .....	12
Figura 1.5 Motor de Combustão Interna .....	13
Figura 1.6 Cabeçote único para um motor de 4 cilindros .....	14
Figura 1.7 Vista em corte de um bloco com camisas usinadas nele próprio .....	14
Figura 1.8 Carter de um motor de pequeno porte .....	15
Figura 1.9 Êmbolo e Biela .....	15
Figura 1.10 Virabrequim .....	16
Figura 1.11 Ilustração das definições .....	17
Figura 2.1 – Método para elevação da pressão do ar de alimentação no motor de 2 tempos .....	19
Figura 2.2 – Funcionamento do motor de 2 tempos .....	20
Figura 2.3 – Ciclo operativo do motor de 4 tempos .....	21
Figura 3.1 Destilação do Petróleo .....	22
Figura 3.2 Comparação entre os meios de transporte .....	29
Figura 4.1 Componentes da Injeção Eletrônica .....	32
Figura 4.2 Sistema de Acionamento Elétrico Integrado .....	36

## TABELAS

Gases resultantes da queima do Bunker .....	29
Tabela de Concentração de Poluentes .....	30

## INTRODUÇÃO

O mar representa há séculos uma importante fonte econômica, seja para a pesca, o transporte ou o comércio. No início da conquista dos mares, os barcos eram movidos pela força humana por meio de remos. Com o tempo, as embarcações dotadas de mastro com vela permitiram que o ser humano se afastasse da costa e construísse embarcações maiores com propulsão mista, vela e remos.

Durante muito tempo, a vela foi o principal meio de propulsão das embarcações, até o surgimento do motor a vapor no século XIX. Porém, os motores a vapor exigiam grandes quantidades de carvão, o que ainda diminuía a carga útil do navio. Inicialmente o motor acionava uma grande roda na lateral do navio, este problema só foi resolvido com a invenção do hélice por John Ericsson. No início do século XX, com o aumento dos navios, a criação de embarcações totalmente metálicas e o hélice, o motor a vapor se firmou como principal meio de propulsão naval.

Com o desenvolvimento do motor a diesel, o motor a vapor foi sendo substituído, pois os motores de combustão interna possuem maior rendimento. Uma menor quantidade de diesel era necessária em peso e volume do que o carvão, aumentando a capacidade de carga das embarcações.

Contudo, o intenso uso de combustíveis fósseis nos meios de transporte e na indústria causou o aumento do Efeito Estufa, que está relacionado ao aumento da concentração de gases poluentes na atmosfera da Terra. Esses gases eliminados pelas chaminés, pelos carros, caminhões e navios possuem características específicas: eles permitem a entrada da luz solar, mas impedem que parte do calor gerado durante a irradiação volte para o espaço. Além disso, parte dos gases é nocivo a saúde humana.

Um relatório da ONU de 2008 mostrou que as emissões de CO<sub>2</sub> do setor naval são de 1,1 bilhões de toneladas, o que corresponde a 4,5% de todas as emissões provocadas pelas atividades humanas.

A IMO (International Maritime Organization), Agência da ONU responsável por controlar o transporte marítimo propôs que até 2020, o nível de enxofre no combustível de navios deverá ser reduzido em 90%. Para que esse objetivo seja alcançado, pesquisas estão sendo feitas para melhorar o motor e a sua eficiência e a utilização de outros combustíveis na propulsão de navios está ganhando cada vez mais espaço.

# CAPÍTULO 1

## MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

### 1.1 MOTORES TÉRMICOS

São dispositivos que convertem energia térmica em trabalho mecânico. O processo de conversão se dá através de ciclos termodinâmicos que envolvem expansão, compressão e mudança de temperatura de gases.

São considerados motores de combustão interna aqueles que utilizam os próprios gases de combustão como fluido de trabalho. A mistura ar/combustível é admitida pelo motor e é queimada, sua energia térmica é transformada em energia mecânica.

Essa transformação se dá através dos processos de compressão, aumento de temperatura (queima), expansão e exaustão.

Assim, este tipo de motor distingue-se dos ciclos de combustão externa, nos quais os processos de combustão ocorrem externamente ao motor. Neste caso, os gases de combustão transferem calor a um segundo fluido que opera como fluido de trabalho, como ocorre nos Ciclos Rankine.

\* Ciclos Rankine: O ciclo Rankine descreve a operação de turbinas a vapor comumente encontrados em estações de produção de energia. O fluido de trabalho num ciclo Rankine segue um ciclo fechado, e é constantemente reutilizado.

### 1.2 CLASSIFICAÇÃO DOS MOTORES:

#### **Quanto ao tipo de movimento:**

- Alternativos (a pistão)
- Rotativos (Turbinas a gás - Wankel)

#### **Quanto à forma de iniciar a combustão:**

- Ignição por faísca (motores a gasolina e álcool)
- Ignição espontânea (motores diesel)

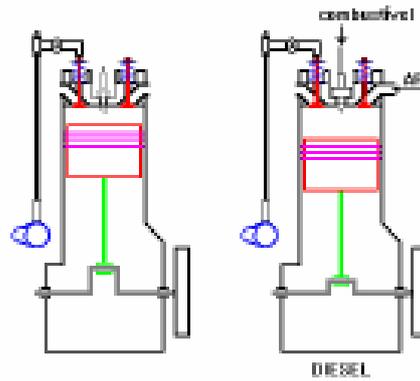


Figura 1.1 Vista dos cilindros

**Quanto à disposição dos órgãos internos:**

- Em linha



Figura 1.2 Cilindros dispostos em linha

- Em V

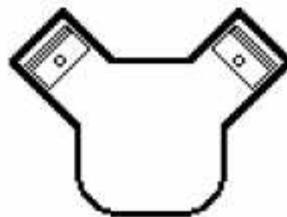


Figura 1.3 Vista dos cilindros em V

- Opostos



Figura 1.4 Cilindros Opostos

### Quanto ao número de cursos do pistão por ciclo motor:

- Dois tempos (dois cursos do pistão por ciclo)
- Quatro tempos (quatro cursos por ciclo)

\* (Um ciclo motor é composto de quatro fases: admissão, compressão, expansão e escapamento.)

### 1.3 COMPONENTES:

Um motor de combustão interna pode ser dividido em:

- Órgãos (ou peças) fixos:
  1. Cabeçote (head)
  2. Bloco do motor (cylinder crankcase)
  3. Cárter (crankcase)

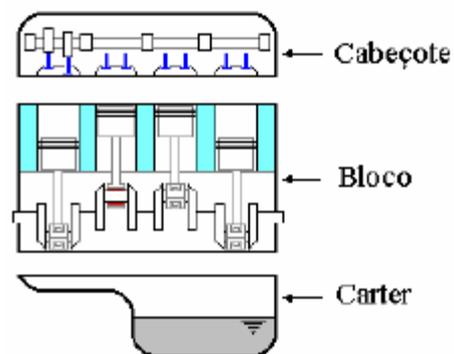


Figura 1.5 Motor de Combustão Interna

- Órgãos móveis:
  1. Pistão ou êmbolo (piston)
  2. Biela (connecting Rod)
  3. Árvore de manivelas ou virabrequim (camshaft)
  4. Árvore de comando de válvulas (camshaft)
  5. Válvulas de admissão e escape (intake and exhaust valves)

#### Cabeçote:

É uma espécie de tampa do motor contra a qual o pistão comprime a mistura, no caso do ciclo Otto, ou o ar, no caso do Diesel. Geralmente possui furos com roscas onde

são instaladas as velas de ignição ou os bicos injetores e onde estão instaladas as válvulas de admissão e escape com os respectivos dutos.

Além de facilitar a manutenção do motor, a cabeça do motor é a chave para o bom desempenho, por determinar o formato da câmara de combustão, a passagem dos gases de admissão e escape, o funcionamento das válvulas e seu comando. Pode se elaborar um motor totalmente diferente em desempenho apenas alterando o cabeçote.

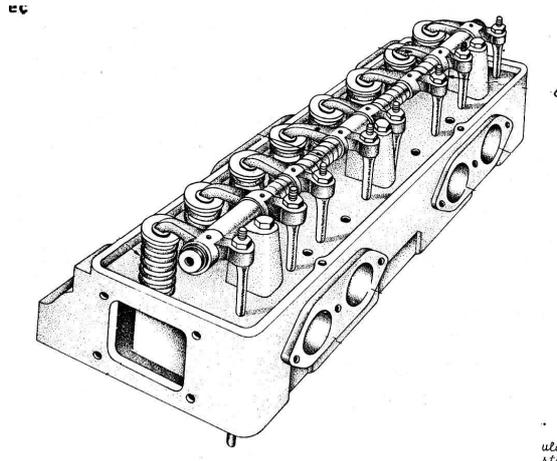


Figura 1.6 Cabeçote único para um motor de 4 cilindros. Duas válvulas por cilindro.

### Bloco:

Componente que abriga em seu interior o virabrequim, bielas e pistões. Na prática, é a "estrutura de suporte" do motor, na qual ficam os suportes da sede de casquilhos e também os cilindros. Normalmente o bloco de um motor é fechado por cima pelo cabeçote e por baixo pelo cárter.

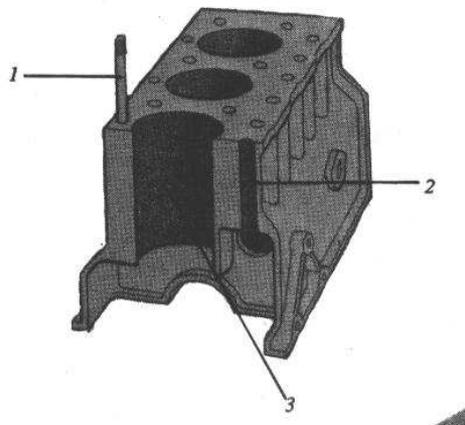


Fig. 1.7 Vista em corte de um bloco com camisas usinadas nele próprio. (1- Estojo de fixação 2- Abertura para hastes de válvulas 3- Cilindro de corte)

### Carter:

O cárter é um recipiente metálico que protege o motor de corpos estranhos e onde se deposita o óleo lubrificante.

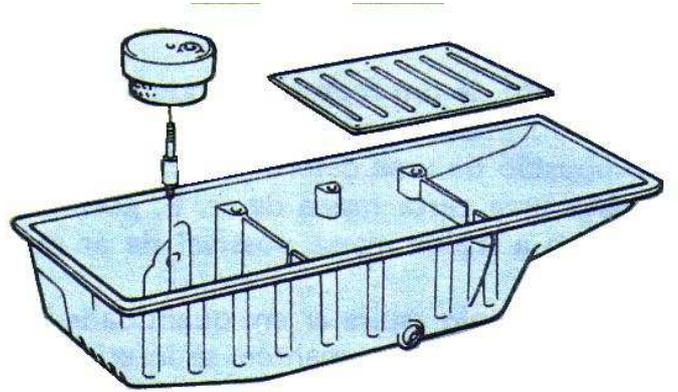


Figura 1.8 Carter de um motor de pequeno porte

### Pistão ou Êmbolo

É a parte móvel da câmara de combustão, recebe a força de expansão dos gases queimados, transmitido-a a biela, por intermédio de um pino de aço (pino do pistão). É em geral fabricado em liga de alumínio.

### Biela ou Conectora

Braço de ligação entre o pistão e o eixo de manivelas; recebe o impulso do pistão, transmitindo-o ao eixo de manivelas (virabrequim). É importante salientar que o conjunto biela-virabrequim transforma o movimento retilíneo do pistão em movimento rotativo do virabrequim.

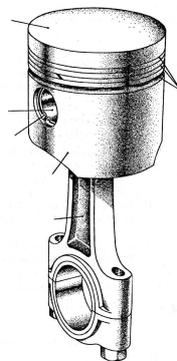


Figura 1.9 Êmbolo e Biela

### Virabrequim ou Eixo de Manivelas

Eixo motor propriamente dito, o qual, na maioria das vezes, é instalado na parte inferior do bloco, recebendo ainda as bielas que lhe imprimem movimento.

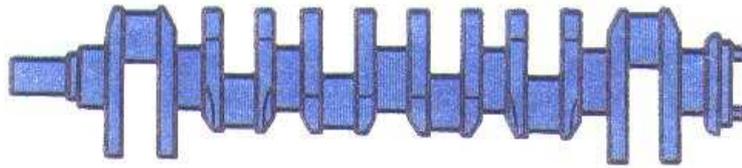


Figura 1.10 Virabrequim

### Eixo Comando de Válvulas ou Eixos de Cames

A função deste eixo é abrir as válvulas de admissão e escape, respectivamente, nos tempos de admissão e escapamento. É acionado pelo eixo de manivelas, através de engrenagem, corrente ou ainda, correia dentada. É dotado de ressaltos que elevam o conjunto: tucho, haste, balancim abrindo as válvulas no momento oportuno.

### Válvulas

Existem dois tipos: de admissão e de escape. A primeira abre-se para permitir a entrada da mistura combustível/ar (ou ar puro, conforme o caso) no interior do cilindro. A outra, de escape, abre-se para dar saída aos gases queimados.

## 1.4 DEFINIÇÕES:

**PMS** - Ponto morto superior. É o ponto de máximo afastamento da cabeça do pistão em relação à árvore de manivelas.

**PMI** - Ponto morto inferior. É o ponto de mínimo afastamento da cabeça do pistão em relação à árvore de manivelas

**CURSO (s)** - É a distância entre o PMI e o PMS. É o dobro do raio da manivela ( $s = 2r$ )

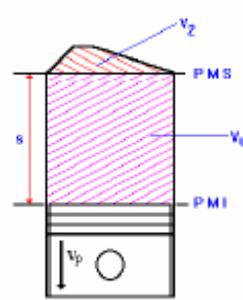


Figura 1.11 Ilustração das definições

**Cilindrada unitária ( $V_u$ )** - É o volume deslocado pelo pistão entre o PMI e o PMS, onde “D” é o diâmetro do pistão.

$$V_u = \frac{\pi D^2}{4} s$$

**Cilindrada total ( $V$ )** - É a cilindrada unitária multiplicada pelo número de cilindros do motor, onde “z” é o número de cilindros do motor

**Volume morto ( $V_2$ )** - É o volume onde será comprimida a mistura ar/combustível. É o volume da câmara de combustão.

$$\text{Volume total do cilindro (V1)} \quad V_1 = V_u + V_2$$

**Taxa de compressão ( $r_v$ )** - É a relação entre o volume total do cilindro e o volume morto.

$$r_v = \frac{V_1}{V_2}$$

## CAPÍTULO 2

### PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE OS MOTORES

#### 2.1 DIFERENÇAS ENTRE O CICLO OTTO E DIESEL

O Ciclo de Otto é um ciclo termodinâmico, que idealiza o funcionamento de motores de combustão interna de ignição por centelha. Foi definido por Beau de Rochas e aprimorado com sucesso pelo engenheiro alemão Nikolaus Otto em 1876, e posteriormente por Étienne Lenoir e Rudolf Diesel.

Motores baseados neste ciclo equipam a maioria dos automóveis de passeio atualmente. Para esta aplicação, é possível construir motores há quatro tempos mais eficientes e menos poluentes em comparação aos motores há dois tempos, apesar do maior número de partes móveis, maior complexidade, peso e volume, comparando motores de mesma potência.

O Motor Diesel ou motor de ignição por compressão é um motor de combustão interna inventado pelo engenheiro alemão Rudolf Diesel (1858-1913), em que a combustão do combustível se faz pelo aumento da temperatura provocado pela compressão de ar.

Em 1893, o engenheiro alemão Rudolf Diesel recebe a patente para o seu motor de auto-ignição. O motor Diesel se destaca ainda hoje pela economia de combustível.

As principais diferenças entre o motor a gasolina e o motor diesel são as seguintes:

-Enquanto o motor a gasolina funciona com a taxa de compressão que varia de 8:1 a 12:1, no motor diesel esta varia de 14:1 a 25:1. Dai a robustez de um relativamente a outro.

-Enquanto o motor a gasolina aspira a mistura ar/combustível para o cilindro o motor Diesel aspira apenas ar.

- A ignição dos motores a gasolina se dá a partir de uma faísca elétrica fornecida pela vela de ignição antes da máxima compressão na câmara de combustão. Já no motor Diesel ocorre combustão do combustível pelas elevadas temperaturas (500 °C a 650°C)

do ar comprimido na câmara de combustão. O Engenheiro Rudolf Diesel, chegou a esse método quando aperfeiçoava máquinas a vapor.

## 2.2 FUNCIONAMENTO DO MOTOR DIESEL DE 2 TEMPOS

Nesse tipo de motor, o ar é levemente comprimido antes de ser admitido no cilindro. Vários são os métodos utilizados para elevar a pressão do ar de alimentação. Um deles é mostrado na figura 2.1. Trata-se de um compressor de lóbulos acionado mecanicamente pelo próprio motor.

O ciclo de 2 tempos torna-se mais interessante para o motor Diesel do que para o Otto, já que nesse último a lavagem é efetuada apenas com ar, o que significa economia de combustível. O motor pode ser concebido com janelas de admissão e janelas de descarga, ou com janelas de admissão e válvula de descarga na cabeça. O seu ciclo operativo resume-se no seguinte:

Ao se deslocar do PMI para o PMS, o êmbolo cobre as janelas de admissão e logo em seguida a válvula de descarga fecha, permitindo que o ar, admitido anteriormente no cilindro, seja comprimido. Um pouco antes de o êmbolo atingir o PMS, o combustível é injetado e queimado na câmara de combustão. A força expansiva dos gases resultantes da queima empurra energicamente o êmbolo para o PMI. Um pouco antes de o êmbolo descobrir as janelas de admissão, a válvula de descarga abre e uma boa parte dos gases da combustão é descarregada. Assim que o êmbolo descobre as janelas de admissão, o ar fresco enviado pelo compressor é admitido no cilindro e expulsa o restante dos gases, efetuando em seguida a carga de ar para o novo ciclo, ao tempo em que fecha a válvula de descarga.

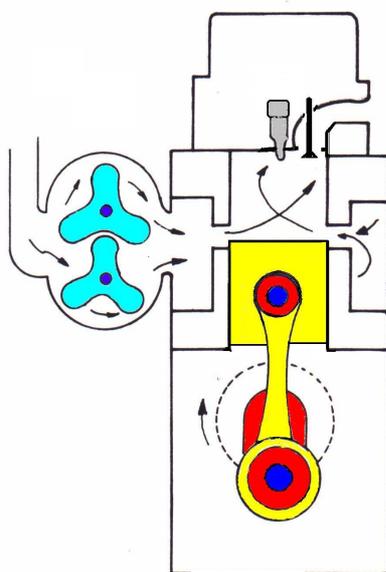


Figura 2.1 – Método para elevação da pressão do ar de alimentação no motor de 2 tempos

Vejamos, então, o funcionamento do motor Diesel de 2 tempos com janelas de admissão e janelas de descarga, observando a figura 2.1.

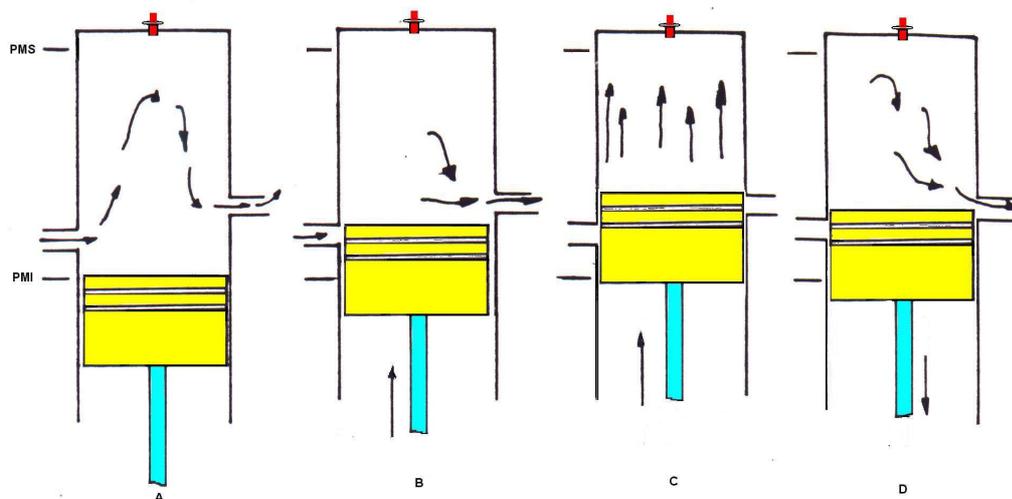


Figura 2.2 – Funcionamento do motor de 2 tempos

Deslocando-se do PMI para o PMS ( figura 2.2 (b) ), o êmbolo cobre primeiramente as janelas de admissão ( que são as mais baixas ), interrompendo o suprimento de ar para o cilindro. Entretanto, continua saindo ar pelas janelas de descarga que ainda se encontram abertas. Prosseguindo o seu caminho em direção ao PMS, o êmbolo cobre as janelas de descarga ( figura 2.1 (c) ), iniciando assim a fase de compressão. Em seu movimento para cima o êmbolo, comprime cada vez mais o ar, até que, próximo do PMS, o combustível é injetado, inflamando-se por causa da elevada temperatura do ar. A força expansiva dos gases empurra, então, o êmbolo para baixo.

Antes de chegar ao PMI, o êmbolo descobre as janelas de descarga ( figura 2.2 (d) ) e, em virtude da considerável pressão ainda reinante nos gases, a maior parte é descarregada para o exterior.

Continuando o seu caminho para baixo, o êmbolo descobre as janelas de admissão, permitindo que o ar fresco, vindo do compressor ou de uma bomba de ar, penetre no cilindro, expulsando o restante dos gases (lavagem), conforme indica a figura 2.2 (a).

### 2.3 CICLO OPERATIVO DO MOTOR DIESEL DE 4 TEMPOS

Os motores de 4 tempos não possuem janelas de admissão e descarga de ar. O ar entra o cilindro através da válvula de admissão e os gases resultantes da combustão são eliminados através da válvula de descarga.

As fases de um motor Diesel de 4 tempos são:

- aspiração;
- compressão;
- combustão e expansão;
- descarga ou escape.

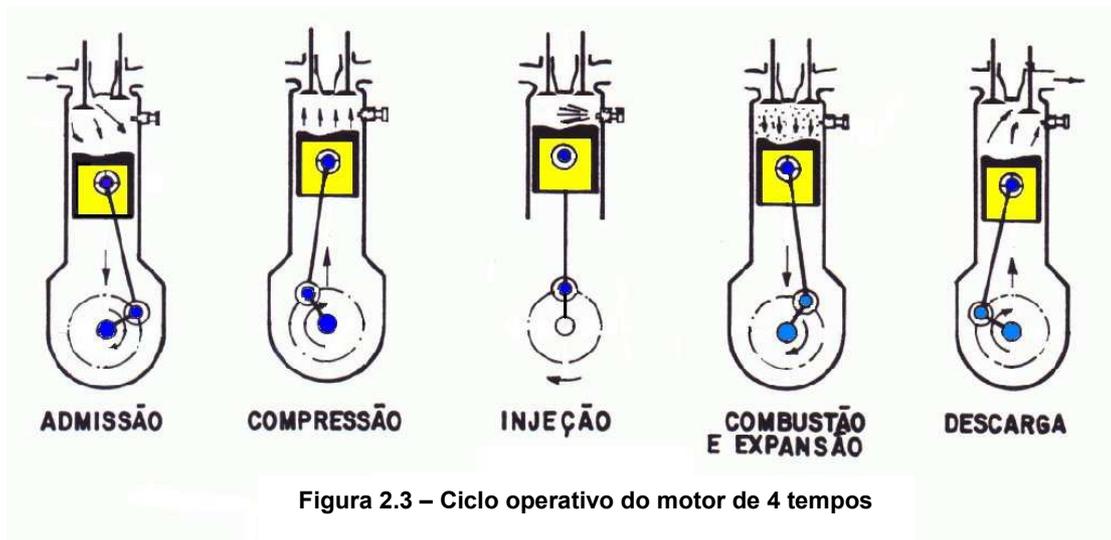


Figura 2.3 – Ciclo operativo do motor de 4 tempos

a) Aspiração – Nesta primeira fase, com a válvula de aspiração abrindo, o êmbolo se desloca do seu ponto morto superior para o inferior, aspirando somente ar.

b) Compressão – Na fase de compressão, o êmbolo se desloca do PMI para o PMS. Pouco depois do início desse curso, a válvula de aspiração fecha e o êmbolo começa a comprimir o ar na câmara. Devido à forte compressão, o ar sofre um grande aumento de temperatura.

c) Combustão e expansão – Pouco antes de o êmbolo atingir o seu PMS, o combustível é injetado no interior da câmara de combustão, inflamando-se pela elevada temperatura do ar comprimido. Da combustão resulta um aumento de pressão nos gases. A força expansiva desses gases empurra fortemente o êmbolo para baixo em direção ao seu PMI. É o chamado tempo de expansão, tempo útil ou de trabalho motor.

d) Descarga - Um pouco antes de o êmbolo atingir o PMI, a válvula de descarga abre e, por efeito da pressão nos gases, uma boa parte dele é evacuada. Finalmente, com o deslocamento do êmbolo do PMI para o PMS, os gases restantes são descarregados para a atmosfera.

## CAPÍTULO 3

### COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS

#### 3.1 DEFINIÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS

Os combustíveis utilizados na propulsão de grandes navios são, na maioria das vezes, compostos por uma mistura de óleo combustível e óleo diesel, por isso apresentam alta viscosidade e um teor de Enxofre elevado. De acordo com a resolução ANP N° 49 de 28 de dezembro de 2007, os óleos combustíveis marítimos denominados de OCM podem atingir um teor de Enxofre máximo de 4,5% e variar seu tipo de acordo com a viscosidade medida em centistokes a 50°C. Assim temos o OCM120, OCM180 e COM 380, podendo haver outros tipos conforme os entendimentos entre fornecedor e usuário, variando as quantidades dos componentes.

O óleo diesel marítimo, também regulado pela resolução ANP N° 49, pode ser comercializado em dois tipos: o óleo diesel marítimo A ou DMA, que é um combustível destilado médio, essencialmente isento de resíduos, e o óleo diesel marítimo B ou DMB, um combustível predominantemente composto de destilados médios, podendo conter pequenas quantidades de óleos de processo do refino. Ambos os tipos devem ter, no máximo, 0,5% de Enxofre e ponto de fulgor acima de 60°C.



Figura 3.1 Destilação do Petróleo

De acordo com a Comunicação Institucional da Transpetro:

“O tipo de óleo combustível utilizado é RMF 380 cst, (conforme norma ISO 8217/2010) tanto no MCP quanto nos MCAs.

Dependendo do porte do navio temos consumo médio diário do MCP variando entre 68 ton. (para navios de 148000 TPB) a 18 ton. (para navios de 18000 TPB).

Já os MCAs o consumo médio dos navios da frota é de 1,8 ton. por MCA/dia.”

### **3.2 BUNKER**

“É o resíduo parecido com o piche que fica no fundo da torre de destilação onde é processado o petróleo. É misturado para uso naval com óleo diesel de modo a se obter um combustível com a viscosidade, a densidade e o ponto de fulgor adequados para o motor da embarcação.”

#### **A Poluição do ar por navios – SYNDARMA**

É definido como a mistura do óleo combustível básico (OCIA) com um diluente (MGO) em proporções tais que atendam à Norma 8217.

O óleo combustível básico é composto por vários elementos/contaminantes herdados do petróleo cru que lhe deu origem como enxofre, metais e de produtos abrasivos chamados de craqueadores catalíticos que são adicionados ao petróleo em processo, possibilitando assim uma maior quantidade de produtos leves, aumentando o lucro de operação.

Esses produtos (catalisadores) são basicamente formados por óxido de alumínio e silício ( $Al_2O_3$  e  $SiO_2$ ), abrasivos ao funcionamento de anéis e camisas nos motores.

Assim após o refino, o óleo combustível básico é misturado a um diluente na proporção tal que resulte da mistura um produto, BUNKER.

O preço de venda do produto final é proporcional ao poder calorífico inferior (poder calorífico superior, corridos a densidade, teor de enxofre, água e cinzas).

### **Alumínio + Silício**

Os limites para Alumínio e Silício foram introduzidos de modo a restringir o teor de catalíticos finos (CAT FINOS) presente no Bunker, (o limite de Al+Si = 80 PPM, refere-se ao combustível como recebido e não depois de tratado).

Sua presença no Bunker é devido ao processo de craqueamento catalítico, empregado em quase todas as refinarias do mundo, de modo a aumentar a quantidade de derivados destilados no processo de refino, aumentando assim a lucratividade do processo.

A presença do CAT FINES acima de 9 PPM na entrada do motor, provocará forte abrasão nas bombas injetoras, e provocará um desgaste acentuado de anéis de segmento e camisas.

O melhor tratamento a ser dado ao óleo combustível de modo a livrá-lo dos resíduos é através do purificador e clarificador operando em série em vazão baixa de modo a aumentar a eficiência das máquinas.

### **Compatibilidade**

Bunkers originários de várias fontes podem ser incompatíveis entre si, e o resultado de mistura.

A mistura de Bunkers é extremamente perigosa, principalmente entre óleos combustíveis de portos europeus e portos americanos. O procedimento correto é a segregação de Bunkers de diferentes origens.

Os projetos dos navios já trazem um número maior de tanques de armazenamento (ou recebimento) que permitam fainas de segregação.

## **3.3 ÓLEO DIESEL**

É um combustível derivado do petróleo sendo constituído basicamente de hidrocarbonetos (composto orgânico que contém átomos de carbono e de hidrogênio). Alguns compostos presentes no diesel, além de apresentar carbono e hidrogênio, apresentam também enxofre e hidrogênio.

Produzido a partir da refinação do petróleo, o óleo diesel é formulado através da mistura de diversas correntes como querosene, gasóleos, nafta pesada, diesel leve, diesel pesado, etc., provenientes das diversas etapas de processo de óleo bruto.

As proporções destes componentes no óleo diesel são aquelas que permitem enquadrar, o produto final, dentro das especificações previamente definidas e que são necessárias para permitir um bom desempenho do produto, além de minimizar o desgaste nos motores e componentes e manter a emissão de poluentes, gerados na queima do produto, em níveis aceitáveis

### **3.4 POLUENTES EMITIDOS PELO ÓLEO DIESEL**

Os poluentes analisados neste trabalho serão os poluentes resultantes da combustão do óleo diesel. Os principais poluentes desta combustão serão descritos logo a seguir. (Environment Canada, 1999).

#### **Particulados**

A exaustão do diesel é uma complexa mistura de combinações orgânicas e inorgânicas composta de gases, materiais de fase líquida e sólida. As emissões da fase líquida são compostas de HCs, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub> e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>). As emissões da fase líquida são compostas de hidrocarbonetos (HC) e moléculas de sulfato (SO<sub>4</sub>). As emissões da fase sólida consistem principalmente de pequenas partículas de carbono (10-80 nm). Particulados consistem no agrupamento de partículas sólidas de hidrocarbonetos. O tamanho individual das esferas de fuligem é de aproximadamente 25nm e a faixa de tamanho dos particulados em geral aproximadamente é 100-200 nm. Particulados de diesel são de preocupação especial devido ao impacto que o material pode estar causando na saúde. Estudos biológicos em particulados de diesel mostraram que podem ser cancerígenos ou provocarem mutações celulares. Em geral as partículas de tamanhos menores podem ser depositadas profundamente nos pulmões causando problemas respiratórios gerais e outros problemas de saúde.

#### **Fração Orgânica Solúvel (SOF)**

A fração orgânica solúvel contém componentes de ponto alto-ferventes achados no combustível e óleo lubrificante que condensam e absorvem sobre a superfície de partículas de fuligem de carbono. A SOF é constituída principalmente por

hidrocarbonetos, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, com algumas quantidades de sulfato, zinco, fósforo, cálcio, ferro, silício e cromo.

### **Monóxido de Carbono**

O monóxido de carbono é produzido pela combustão incompleta do combustível fóssil. Ele é um gás sem cor, sem cheiro, porém extremamente tóxico. Se o monóxido de carbono for inalado pode ligar a hemoglobina e reduzir a capacidade do sangue em transportar oxigênio no corpo humano, que pode conduzir a enxaquecas, vertigens, doenças do coração e levar a morte. Ele é o maior componente da poluição urbana do ar e cerca de 90% do monóxido de carbono em centros urbanos resultam da operação dos motores de veículos.

### **Óxido de Nitrogênio**

O óxido de nitrogênio é produzido na câmara de combustão devido a alta temperatura dentro dos cilindros do motor durante o processo de combustão. No ambiente urbano os motores dos veículos são responsáveis por cerca de 50 -70% dos níveis de NO<sub>x</sub>. Nitrogênio e oxigênio são os maiores componentes do ar de entrada da máquina durante o processo de combustão uma porcentagem pequena do nitrogênio é oxidada para formar o óxido de nitrogênio como NO, N<sub>2</sub>O e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>).

Um dos impactos primários e difundidos de emissões de veículos é a formação de fumaça da reação química. O Ozônio é formado na baixa atmosfera por uma complexa reação química envolvendo reações de hidrocarbonetos compostos, óxidos de nitrogênio e luz solar. O problema do Ozônio é sentido em quase todas as principais cidades do mundo e incitou reguladores para desenvolverem padrões estritos para a qualidade do ar e para o ozônio, como também limitar a emissão de hidrocarbonetos e NO<sub>x</sub> de motores móveis ou estacionários. A mais recente pesquisa sobre o problema do ozônio mostrou que controlando a emissão de NO<sub>x</sub> pode obter um benefício maior do que se controlando a emissão de HC.

### **Hidrocarbonetos**

Hidrocarbonetos resultantes da exaustão são o resultado de uma queima incompleta do combustível durante a combustão do motor, sendo uma função da composição do combustível. Desde então há um grande número de combinações se agrupando em categorias para que se possa simplificar a caracterização desses

contaminantes. Os mais importantes das emissões de hidrocarbonetos são as combinações orgânicas voláteis (VOC) e combinações de aldeídos o jogo de VOC tem um papel importante na formação do ozônio, porém agora se pensa que a melhor forma de se limitar a formação de ozônio é controlar a emissão de NOx. A emissão gasosa de HC resultante da exaustão do diesel é relativamente baixa se comparada com a emissão da exaustão de motores que utilizam a gasolina. Os componentes da fase líquida da exaustão do diesel que condensam sobre partículas estão sendo uma das maiores preocupações desde que se descobriu em testes biológicos que estas combinações contêm propriedades cancerígenas.

### **Formação de NOx**

Com o aumento da preocupação com a atmosfera, o NOx está cada vez mais sendo estudado. Embora já se conheça esse poluente há várias décadas, estudos mais aprofundados ainda são recentes sobre sua formação. A principal causa da formação do NOx é a queima de combustíveis fósseis. Nos motores do ciclo diesel o NOx se forma dentro da câmara de combustão. Sabe-se que a formação de NOx é função da compressão do motor e principalmente da temperatura de combustão na câmara. O período de tempo crítico é quando as temperaturas dos gases atingem o máximo, isto é, entre o começo da combustão e logo após a ocorrência de pressão de cume no cilindro. A mistura que queima cedo no processo de combustão é especialmente importante desde que é comprimido até atingir uma temperatura mais alta, quando a combustão se procede, ocorre os aumentos de pressão nos cilindros. Depois do tempo de pressão máxima, a temperatura dos gases queimados diminui, bem como a expansão dos gases nos cilindros.

### **Enxofre no combustível**

Internacionalmente, a quantidade de enxofre no combustível é regulada pela MARPOL no ANEXO VI (Prevenção da Poluição do Ar por Navios). Como resultado dessa convenção, alguns navios usam combustíveis mais limpos, com baixos níveis de enxofre. Contudo, muitos deles continuam usando combustíveis com altos teores de enxofre.

As emissões de particulados não-sulfatados dependem da velocidade de operação do motor e da quantidade de óleo lubrificante necessário para cada tipo de motor. Essa quantidade de lubrificante está diretamente ligada à qualidade do combustível utilizado - quanto pior o combustível, mais óleo é queimado e mais poluição é emitida.

Contudo, mesmo o uso do chamado "combustível limpo", com menor teor de enxofre, tem resultados contraditórios. Em um achado surpreendente, os cientistas descobriram que, apesar de resultar em menor emissão de particulados, o uso do combustível com menor teor de enxofre resulta em partículas que ficam mais tempo em suspensão no ar. É justamente enquanto estão no ar que essas partículas afetam a saúde humana.

#### MARPOL 73/78 Anexo VI

##### Capítulo 3

##### Exigências para o Controle de Emissões Provenientes de Navios

##### Regra 14 - Óxidos de Enxofre (SOX) e Matéria sob a Forma de Partículas

##### Exigências de Caráter Geral

1 O teor de enxofre de qualquer óleo combustível utilizado a bordo de navios não deverá ultrapassar os seguintes limites:

- .1 4,50% m/m antes de 1º de janeiro de 2012;
- .2 3,50% m/m em 1º de janeiro de 2012 ou depois; e
- .3 0,50% m/m em 1º de janeiro de 2020 ou depois.

2 O teor médio mundial de enxofre do óleo residual fornecido para utilização a bordo de navios deverá ser monitorado levando em consideração as diretrizes elaboradas pela Organização.

### **3.5 TRANSPORTE MARÍTIMO**

Alguns analistas têm acusado o modal marítimo como grande vilão da poluição do ar quando, na verdade, comprovadamente ele é o modal menos poluidor, com a exceção dos dutos. Isto se deve à alta eficiência do sistema para transporte de carga em termos de poluição e de consumo de energia.

A unidade mais adequada para a comparação entre os modais é tonelada de carga transportada pela distância a que ela é transportada (ton./km).

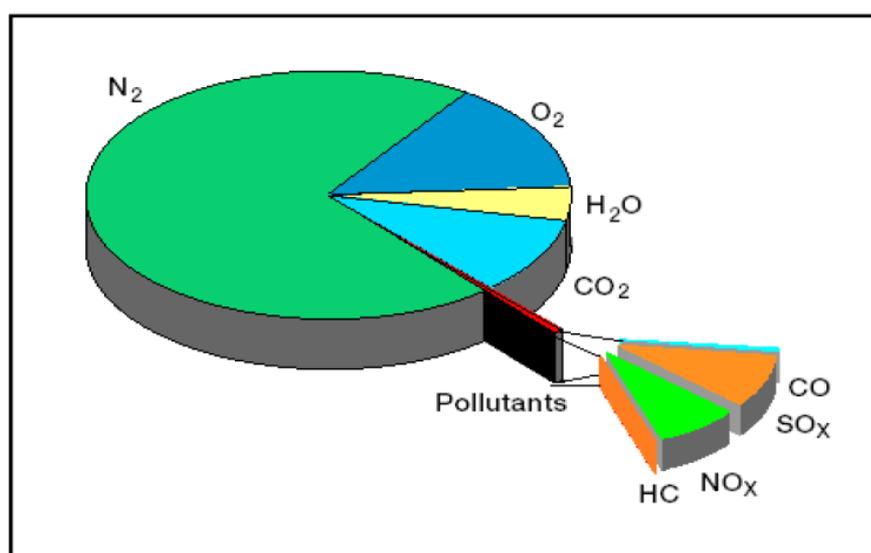
O quadro abaixo mostra esta comparação entre os modais aquaviário, ferroviário e rodoviário.

MODAL CARACTERÍSTICAS			
POLUENTE ATMOSFÉRICO	1 (15,73G/T-KM)	1,4	7,6
CONSUMO DE ENERGIA	1 (130KJoule/T-KM)	2,2	9,7

Figura 3.2 Comparação entre os meios de transporte

Entre os gases causadores de poluição, que contribuem para as mudanças climáticas, estão os óxidos de nitrogênio (Nox), os óxidos de enxofre (Sox), o monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos não voláteis (NMVOC) além de material particulado (PM) presentes nos gases resultantes da queima do combustível usado nos motores marítimos da categoria 3, usados na propulsão de navios oceânicos, que variam de 3.000 a 100.000 HP.

A percentagem desses gases na queima do Bunker é bem menor do que a dos gases causadores do efeito estufa, conforme mostra a figura abaixo.



Gases resultantes da queima de bunker

O Anexo VI da MARPOL, na sua forma atual, trata especificamente da redução desses gases.

A quantidade de Sox e PM depende principalmente do teor de enxofre no Bunker. O uso de combustível destilado (basicamente diesel) no lugar do residual, contribuirá para redução desses gases (contribuirá também para a redução dos NOx). O uso de tecnologias para limpeza dos gases de descarga, por exemplo, a lavagem dos gases com água do mar (scrubber), é capaz de reduzir o SOx em até 99%, o NOx em 5% e o PM em 80%.

Obviamente, no caso do uso de lavagem de gases com água do mar, haverá necessidade de prescrever critérios para descarga dessa água a fim de não provocar poluição do mar.

O desenvolvimento dos motores de propulsão marítima permitirá que os novos motores emitam menores quantidades de NOx já que isso depende primordialmente da engenharia dos motores e, em certa medida, do teor de nitrogênio (N) no óleo combustível.

Concentração de poluentes na descarga				
Regime de operação	Combustível	Monóxido de Carbono %	Óleo de Nitrogênio P.P	Hidrocarboneto P.P
Marcha lenta	Diesel	0,0	59	390
	Gasolina	11,7	33	4830
Aceleração	Diesel	0,05	849	210
	Gasolina	3,0	1347	960
Cruzeiro	Diesel	0,0	237	90
	Gasolina	3,4	653	320
Desaceleração	Diesel	0,0	30	330
	Gasolina	5,5	18	16750

Tabela de Concentração de Poluentes

## CAPÍTULO 4

### NOVAS TECNOLOGIAS

#### 4.1 INJEÇÃO ELETRÔNICA

A injeção eletrônica é um sistema de alimentação de combustível e gerenciamento eletrônico de um motor. Sua utilização em larga escala se deve à necessidade de redução do índice de emissão de gases poluentes. Esse sistema permite um controle mais eficaz da mistura admitida pelo motor, mantendo-a mais próxima da mistura estequiométrica (mistura ar / combustível), isso se traduz em maior economia de combustível já que o motor trabalha sempre com a mistura adequada e também melhora a performance do motor.

O sistema faz a leitura de diversos sensores espalhados em pontos estratégicos do motor, examina as informações e com base em outras informações gravadas em sua memória envia comandos para diversos atuadores espalhados em pontos estratégicos do motor. Esse procedimento é efetuado varias vezes por minuto com base nos movimentos do virabrequim.

Esse sistema possui vários componentes, o principal é a Central, onde ficam gravadas as informações do veículo e os seus parâmetros de fábrica, ela também realiza os cálculos programados para gerenciar o motor (alimentação e ignição).

Podemos definir os sensores como componentes que captam informações para a central, transformando movimentos, pressões, e outros, em sinais elétricos para que a central possa analisar e decidir qual estratégia seguir. Como exemplo de sensor, citamos: Temperatura do motor, Temperatura do ar, Rotação do motor, Carga do motor, etc.

Os Atuadores são componentes responsáveis pelo controle do motor, recebendo os sinais elétricos da central, são eles que controlam as reações do motor. São exemplos de atuadores: Injetores, Válvula solenóide (CANP), Motor de passo (marcha lenta), Relé da bomba de combustível, Módulo de ignição.

O funcionamento do sistema resume-se no seguinte: o combustível é aspirado do tanque de serviço, através de um filtro, por uma bomba elétrica de baixa pressão

(bomba alimentadora). Esta bomba envia o combustível para a admissão da bomba de alta pressão. Como o próprio nome sugere, essa bomba eleva bastante a pressão do combustível e o envia para um coletor comum, onde um sistema de controle sofisticado mantém a pressão constante (até 1350 bar). Os bicos injetores, eletronicamente controlados pela Central ou ECU (Unidade de Controle Eletrônico), introduzem o combustível atomizado nos cilindros do motor. Na realidade, a Central envia sinais elétricos de durações variadas para ativar a bobina da válvula de injeção eletromagnética, controlando assim o tempo das injeções. A ECU, portanto, processa milhares de informações, tais como: giro do motor, aceleração exigida e temperatura de ar em milésimos de segundo, determinando exatamente a quantidade de combustível a ser injetada, no cilindro em função da carga a que o motor está submetido. Para que isso seja possível, vários sensores são instalados no motor. A Unidade de Controle Eletrônico gerencia, inclusive, a injeção piloto, otimizando a combustão. Em conseqüência, obtém-se um ótimo desempenho, com sensível redução na emissão de gases poluentes, redução do consumo de combustível, redução das vibrações e, obviamente, um funcionamento homogêneo do motor.

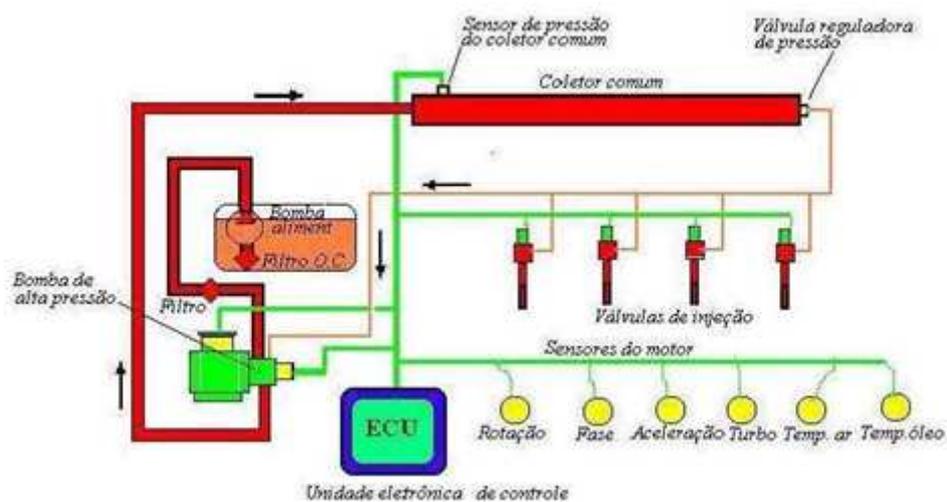


Figura 4.1 Componentes da Injeção Eletrônica

As desvantagens do sistema de injeção residem no seu elevado custo e no fato de sua assistência, embora raramente necessária, ter de ser prestada por um especialista.

Para ratificar que injeção eletrônica, para motores de grande porte, tem sido estudada e desenvolvida, segue o texto publicado no site da empresa MAN no dia 02/09/2010:

## **MAN Diesel & Turbo traz inovações para a redução de emissões em navios**

### **Destaques da feira SMM 2010**

*“Entre os dias 7 e 10 de setembro de 2010, a MAN Diesel & Turbo apresenta em Hamburgo, na mais importante feira da área de transporte marítimo, a SMM (construção de navios, maquinário e tecnologia marítima), inovações tecnológicas para a redução de emissões e aumento da eficiência de propulsores de navios. A apresentação na feira segue a tendência de proteção ao meio ambiente e ao clima no mar. Um dos destaques do estande é um motor a diesel Common Rail de grande porte e última geração do tipo 20V32/44CR, com dez metros de comprimento e seis de altura e catalisador SCR. Este é o maior objeto já exibido numa feira pela MAN Diesel & Turbo. Através deste exemplo, a empresa mostra como já é possível atualmente cumprir as rigorosas normas de emissão "Tier III", elaboradas pela International Maritime Organization (IMO), para aplicação em regiões costeiras a partir de 2016.”*

\* Empresa MAN: Empresa com sede em Augsburg – Alemanha. Pertence ao grupo MAN SE. As principais linhas de produtos da MAN Diesel & Turbo SE são os motores diesel de 2 e 4 tempos, compressores axiais, radiais, isotherm e de engrenagem, turbinas a gás e a vapor.

## **4.2 USO DO BIODIESEL**

O biodiesel é um combustível derivado recursos naturais para uso em motores a combustão interna. Feito de biomassa renovável como óleos vegetais ou gordura animal. O biocombustível é produzido para geração de uma energia limpa, que possa substituir parcial ou totalmente combustível de origem fóssil.

O Biodiesel é fabricado através de um processo químico chamado transesterificação, no qual o óleo retirado das plantas é misturado com álcool (ou metanol) e depois estimulado por um catalisador. O catalisador é um produto usado para provocar uma reação química entre o óleo e o álcool. Depois o óleo é separado da glicerina (usada na fabricação de sabonetes) e filtrado.

Existem muitas espécies vegetais no Brasil que podem ser usadas na produção do biodiesel, como o óleo de girassol, de amendoim, de mamona, de soja, babaçu, entre outros.

O Biodiesel não contém petróleo, mas pode ser adicionado a ele formando uma mistura. Pode ser usado em um motor diesel sem que o motor necessite ser modificado. O Biodiesel é simples de ser usado, biodegradável, não tóxico e essencialmente livre de compostos sulfurados e aromáticos.

### **Vantagens:**

- É energia renovável;
- Biodiesel é biodegradável e não tóxico;
- O Brasil possui muitas terras cultiváveis permitindo a produção de uma enorme variedade de oleaginosas;
- O seu uso contribui para a diminuição do efeito estufa, proporcionando um ganho ambiental para todo o planeta pela diminuição da poluição atmosférica; Na queima do biodiesel, ocorre a combustão completa, devida a sua oxigenação.
- A exaustão do biodiesel é menos ofensiva.

### **Desvantagens:**

- Não há uma visão clara sobre os possíveis impactos potenciais desta oferta de glicerina;
- Tem uma produção ligeiramente mais baixa de energia, se comparada a um volume equivalente do diesel regular;
- Pode ser mais caro do que o diesel regular dependendo da área e da matéria-prima utilizada;
- Poucos pontos de abastecimento se comparado ao diesel regular;
- No inverno, pode apresentar problemas com a temperatura.

Segue o texto do jornal O Estadão de São Paulo, publicado no dia 16/03/2010:

### **Petrobras começa pesquisas para usar biodiesel em navios**

*“A Petrobras vai pesquisar a adição de biodiesel ao combustível usado por navios, conhecido no mercado pelo nome de Bunker de navegação. O objetivo é tentar reduzir as emissões de gases poluentes do produto, que deve ter grande crescimento de consumo no Brasil nos próximos anos. A pesquisa é um dos focos do laboratório Bunker 1, fruto de parceria da Petrobras com a Coppe/UFRJ, que será inaugurado nesta quarta-feira.*

*Com investimento inicial de R\$ 6,7 milhões, o laboratório vai buscar novas tecnologias para a produção de Bunker, com foco na eficiência de queima do combustível e nas emissões de gases poluentes. Uma segunda etapa, orçada em R\$ 5,9 milhões, já foi aprovada. O dinheiro está sendo gasto, principalmente, na compra de dois motores para testes de combustível.*

*O uso de biocombustíveis pode ser uma maneira de reduzir as emissões de fuligem na queima do Bunker, melhorando a qualidade do ar no entorno dos portos brasileiros. O primeiro motor encomendado pelo laboratório, com 500 quilowatts (kW), já está na Coppe e, segundo o coordenador do Laboratório de Máquinas Térmicas da Coppe, Albino Queiroz, deve iniciar os testes em cinco meses.”*

**O Estadão de São Paulo, 16/03/2010.**

## **4.3 PROPULSÕES MISTAS**

A propulsão denominada mista seria uma híbrido da propulsão a diesel e da propulsão elétrica. Os navios providos dessa propulsão poderiam navegar com motor a diesel ou motor elétrico.

A propulsão elétrica seria usada principalmente na navegação costeira (a 20 milhas náuticas da costa) e o motor a diesel seria usado para as demais viagens.

Este princípio de propulsão tem como objetivo a redução do consumo de combustível dos navios que trabalham com diferentes regimes de funcionamento. A idéia é de melhorar o rendimento geral da propulsão visando consumir menos energia para um mesmo resultado, e, portanto diminuir a poluição.

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.

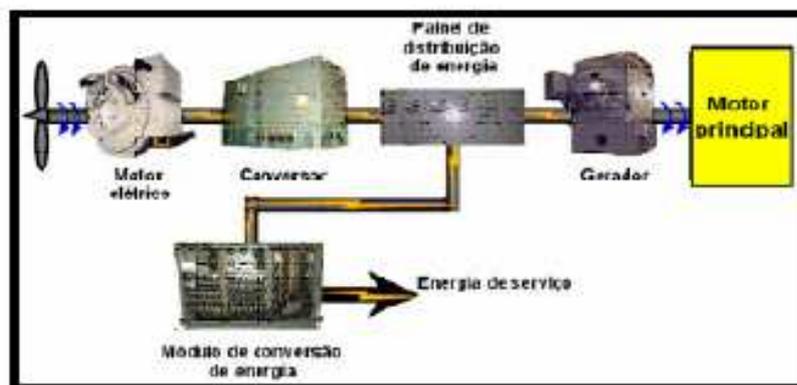


Figura 4.2 Sistema de Acionamento Elétrico Integrado

Em alguns navios, a propulsão mista é usada de forma diferente: a energia a bordo é garantida por geradores a diesel, mas a propulsão é elétrica, o que proporciona uma economia significativa no consumo de combustível, maior flexibilidade operacional redução da poluição ambiental e do tempo de docagem (período em que a embarcação pára a fim de realizar a manutenção).

As desvantagens do sistema Diesel- Elétrico são: maior custo na aquisição dos equipamentos em relação ao sistema Diesel convencional; maior peso em relação ao Motor Diesel.

#### 4.4 MOTORES A GÁS

Os motores a gás têm o princípio de funcionamento igual ao dos motores Otto: a ignição da mistura ar-combustível é iniciada com uma vela de ignição localizada na pré-câmara, através de uma fonte de ignição a alta energia é enviada para a carga principal de combustível no cilindro. Para obter a melhor eficiência e menor número de emissões, cada cilindro é controlado individualmente para garantir a operação na proporção ar-combustível correta e com o tempo correto da ignição.

A combustão estável e bem controlada também contribui para forçar menos a parte mecânica e térmica dos componentes do motor. O Sistema de Controle desenvolvido especialmente para o motor é projetado para controlar o processo de

combustão em cada cilindro, e para manter o motor dentro da janela de operação, através da otimização do nível de eficiência e emissões de cada cilindro em todas as condições.

Os principais parâmetros que regem a taxa de NOx formada nos motores de combustão interna são a temperatura de pico e tempo de residência. A temperatura é reduzida pela câmara de combustão ar-combustível razões: quanto maior a taxa ar/combustível, menor a temperatura e, conseqüentemente, menor serão as emissões de NOx.

No motor 34SG Wärtsilä, a relação ar-combustível é muito alta e é uniforme em todo o cilindro, devido à pré-mistura do combustível e ar antes da introdução nos cilindros. Temperaturas máximas e formação de NOx subsequentes são, portanto, baixas, já que a quantidade de calor específico liberado pela combustão é utilizada para aquecer uma massa maior de ar. Tais benefícios são características do princípio Mistura Pobre. As emissões de NOx do 34SG Wärtsilä são extremamente baixas e cumprirem a legislação NOx mais rigorosa existente.

O motor 34SG da Wärtsilä controla totalmente o processo de combustão em cada cilindro. O "cérebro" para controlar o processo de combustão e todo o motor é o Sistema de Controle Motor.

As válvulas de admissão de gás, localizadas imediatamente antes da válvula de admissão, são eletronicamente acionadas e controladas para alimentar a quantidade correta de gás para cada cilindro.

Vários parâmetros como a carga do motor, velocidade e temperatura de exaustão do cilindro são monitoradas e funcionam como insumos para o Sistema de Controle Motor. Com este arranjo, cada cilindro trabalha sempre dentro da janela de operação para a melhor eficiência nos níveis mais baixos de emissões.

Seguem os textos das Empresas Wärtsilä e MAN Diesel & Turbo, ratificando que os motores a gás já estão disponíveis no mercado naval.

### **Wärtsilä inicia projeto para desenvolvimento adicional de motores de baixa rotação a gás**

*“Uma nova bancada de testes para motores de baixa rotação foi instalada no laboratório de Trieste, na Itália, em março deste ano e os testes devem começar nos próximos meses. O principal objetivo da iniciativa é fortalecer a posição de liderança*

da Wärtsilä em tecnologia de motores a gás, com o intuito de aumentar sua vantagem competitiva no mercado marítimo global.

*O projeto teve início no fim de 2010 e se junta aos motores multicomcombustíveis de média rotação já oferecidos pela empresa, com a flexibilidade tão procurada pelos operadores, que ficam livres para alternar entre gás ou combustíveis líquidos, dependendo do preço e disponibilidade de abastecimento.*

*A multinacional tem anos de experiência e uma posição de liderança em tecnologia para motores bicombustível. Ao equipar o LNG Carrier "Venator" com um motor bicombustível de baixa rotação 7RNMD90 em 1973, a Wärtsilä (Sulzer) já estava muito à frente de seu tempo. A instalação foi bem sucedida em todos os aspectos, mas o mercado ainda não estava pronto para endossar o conceito."*

Perfil - A Wärtsilä é uma empresa finlandesa de soluções energéticas. Ela presta serviços para os mercados marítimos e de geração de energia.

**Revista fator 16/04/2011**

## **MAN Diesel & Turbo traz inovações para a redução de emissões em navios**

### **Destaques da feira SMM 2010**

*“Outra possibilidade para reduzir as emissões é utilizar combustíveis com baixo teor de enxofre, como gás natural. Por esse motivo, a MAN Diesel & Turbo oferece a seus clientes os chamados motores bicombustíveis, para dois ou quatro tempos. Além dos combustíveis líquidos convencionais, esses motores são capazes de operar com gás, sendo possível alternar entre os combustíveis simplesmente pressionando-se um botão, com o motor em funcionamento. A MAN Diesel & Turbo exhibe, na SMM 2010, o cabeçote de cilindro de um motor de dois tempos MAN B&W ME-GI, com diâmetro de cilindro de 50 cm, capaz de ilustrar as características específicas da injeção bicombustível.*

*A MAN PrimeServ, marca de pós-vendas da MAN Diesel & Turbo, oferece através do sistema "Diesel Switch" um recurso que permite ao chefe de máquinas alternar automaticamente de um tipo de combustível líquido para outro, após a montagem desse sistema. Dessa forma, é possível operar os motores com diesel marítimo de baixo teor de enxofre em zonas costeiras específicas, utilizar normalmente os combustíveis convencionais em alto mar."*

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O motor a diesel foi um grande invento, até hoje aproveitamos todos os benefícios gerados por essa máquina térmica. O trabalho de Rudolf Diesel tem sido constantemente aprimorado. Com os motores de combustão interna, a propulsão naval ficou mais rápida e eficiente, a quantidade de carga transportada aumentou e o tempo de viagem diminuiu, trazendo uma melhor qualidade de vida para aqueles que trabalham no transporte marítimo.

Porém, a consciência ecológica tão falada ultimamente, nos fez parar e rever tudo o que fizemos até agora. A Revolução Industrial marcou a história da humanidade, o desenvolvimento das máquinas térmicas nos fez buscar e querer cada vez mais, porém tanta tecnologia também trouxe consigo a poluição tanto sonora quanto ambiental. A grande quantidade de carros, fábricas e navios foi jogando na atmosfera terrestre substâncias até então desconhecidas.

Agora, com uma melhor tecnologia e mais preparo, estamos tentando reduzir os danos causados ao meio ambiente. A Marinha Mercante, sempre tão importante na história da humanidade, também tem se preocupado bastante com a poluição atmosférica e marinha. Grandes empresas, que fabricam equipamentos usados a bordo, têm investido muito na pesquisa de novos recursos que visam melhorar tanto a vida a bordo quanto reduzir a emissão de poluentes.

A preocupação ambiental tornou-se oficial com o surgimento da MARPOL em 1973, desde então todos os países que seguem essa convenção são obrigados a se adequar as exigências.

As tecnologias citadas neste trabalho estão em fase de teste ou já estão em uso. Porém tais inovações não estão mais difundidas devido à viabilidade econômica dos projetos. Algumas pesquisas necessitam de um grande investimento, os resultados nem sempre são satisfatórios, o custo necessário para o navio se adaptar ao novo meio de propulsão é muito alto e as vantagens em relação ao motor diesel convencional são poucas.

Contudo, a preocupação em reduzir a poluição emitida pelos navios tem se tornado a missão de todas as empresas de navegação. Graças a esse empenho, várias alternativas já surgiram tal como vimos nesse trabalho. Das tecnologias citadas, o Brasil tem todas as condições de ser o líder no uso do Biodiesel, devido ao cultivo em larga escala dos vegetais considerados matérias- primas para a produção do biocombustível.

Esperamos que os projetos mencionados neste trabalho sejam muito bem aceitos e utilizados em todas as embarcações mercantes, podendo também se estender a outros meio de transporte. Pois com a redução da emissão de poluentes na atmosfera, a qualidade de vida, de um modo geral, irá melhorar e o meio ambiente será poupado das agressões causadas pela ação química dos poluentes combinados com a água existente em suspensão no ar e pelo Efeito Estufa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, Renanta Nunes. Propulsão Elétrica de Navios. Rio de Janeiro: UFRJ, 2007.
2. A POLUIÇÃO DO AR POR NAVIOS. SYNDARMA. Disponível em: <[www.syndarma.org.br/.../A%20POLUI\\_\\_](http://www.syndarma.org.br/.../A%20POLUI__)> Acesso em: 24 jun 2011.
3. BARRETTO, Arthur. Bunker: Óleo Combustível Marítimo. Rio de Janeiro: FRONAPE-DITEC-SETEC, 1995.
4. CABEÇOTE DO MOTOR. Wikipédia. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Cabe%C3%A7a\\_do\\_motor](http://pt.wikipedia.org/wiki/Cabe%C3%A7a_do_motor)> Acesso em 27 jun 2011.
5. CIAGA. Máquinas de Combustão Interna. Rio de Janeiro: DPC, 1999.
6. CICLO RANKINE. Wikipédia. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_Rankine](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_Rankine)> Acessado em: 03 jul 2011.
7. ENGINE TECHNOLOGY. Wärtsilä. Disponível em: <[www.wartsila.com](http://www.wartsila.com)> Acesso em: 26 jul 2011.
8. JUNIOR, Durval Piza de Oliveira. Motores de Combustão Interna. Piracicaba, 1997.
9. LEAL, Leandro do Nascimento. Melhorando a combustão em um motor diesel, visando o controle de emissão de poluentes. Rio de Janeiro: CIAGA, 2006.
10. MAN DIESEL & TURBO TRAZ INOVAÇÕES PARA A REDUÇÃO DE EMISSÕES EM NAVIOS. Revista Fator. Disponível em: <[http://www.revistafator.com.br/ver\\_noticia.php?not=154720](http://www.revistafator.com.br/ver_noticia.php?not=154720)> Acesso em: 23 jun 2011.
11. MARPOL 73/78 ANEXO VI: REGRAS PARA A PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO DO AR POR NAVIOS. IMO. Disponível em: <[https://www.ccaimo.mar.mil.br/sites/default/files/Anexo\\_VI.pdf](https://www.ccaimo.mar.mil.br/sites/default/files/Anexo_VI.pdf)> Acesso em: 26 abr 2011.
12. MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA. Wikipédia. Disponível em : <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_combust%C3%A3o\\_interna](http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combust%C3%A3o_interna)> Acesso em 28 jun 2011.
13. O QUE É BIODIESEL. BiodieselBR. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/definicao/o-que-e-biodiesel.htm>> Acessado em: 18 jun 2011.

14. PETROBRAS INVESTE EM BIODIESEL. BiodieselBR. Disponível em:  
<<http://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/petrobras-pesquisas-biodiesel-navios-160310.htm>> Acesso em: 18 jun 2011.
15. POLUIÇÃO GERADA PELOS MOTORES DIESEL. UFMG. Disponível em:  
<<http://www.demec.ufmg.br/disciplinas/ema003/liquidos/diesel/polu.htm>>  
Acesso em: 18jun 2011.
16. PROPULSÃO DIESEL ELÉTRICA. Masson-Marine. Disponível em:  
<[http://www.masson-marine.com/pt/engenharia-de-propuls-o-mar-tima/propuls-o-diesel-eletrica/propuls-o-diesel-eletrica\\_08\\_02\\_00.html](http://www.masson-marine.com/pt/engenharia-de-propuls-o-mar-tima/propuls-o-diesel-eletrica/propuls-o-diesel-eletrica_08_02_00.html)> Acesso em: 21 jul 2011.
17. PROPULSÃO MARITIMA. Masson-Marine. Disponível em:  
<[http://www.masson-marine.com/pt/engenharia-de-propuls-o-mar-tima/pto-pti\\_08\\_04.html](http://www.masson-marine.com/pt/engenharia-de-propuls-o-mar-tima/pto-pti_08_04.html)> Acesso em: 21 jul 2011.
18. SOBRINHO, Adécio R. Óleos para motores marítimos. Lubrificantes em foco. Disponível em:  
<<http://manutencao.net/blogs/lubrificacaoemfoco/2009/05/12/oleos-para-motores-maritimos/>> Acesso em: 07 jul 2011.
19. TRANSPETRO, Comunicação Institucional. Consumo médio de combustíveis [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por kfsg2303@gmail.com em 06 jul 2011.