

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE

DIÓGENES GONÇALVES DE SOUSA LIMA

COMO AUMENTAR A POTÊNCIA EFETIVA DE UM MOTOR DIESEL ASPIRADO

RIO DE JANEIRO

2014

DIÓGENES GONÇALVES DE SOUSA LIMA

COMO AUMENTAR A POTÊNCIA EFETIVA DE UM MOTOR DIESEL ASPIRADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador (a): Prof. Gabriel de Andrade Galindo.

RIO DE JANEIRO

2014

DIÓGENES GONÇALVES DE SOUSA LIMA

COMO AUMENTAR A POTÊNCIA EFETIVA DE UM MOTOR DIESEL ASPIRADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Prof. Gabriel de Andrade Galindo

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Dedico este trabalho aos meus pais pelo apoio incondicional em todas as fases da minha vida,
possibilitando que eu conseguisse concluir o sonho que sempre almejei.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me ajudado a superar todas as dificuldades que surgiram durante essa árdua trajetória; ao meu pai Paulo e minha mãe Denise por terem me criado com muito amor, carinho e respeito; ao Sr. Roberto e a Sra. Maria da Graça por terem me acolhido como um filho e me ajudarem sempre que precisei; e agradeço especialmente minha namorada Marina por ter batalhado ao meu lado para que esse sonho se tornasse realidade.

RESUMO

Este trabalho tem por finalidade mostrar recursos utilizados para aumentar a potência efetiva de um motor diesel originalmente aspirado. É dito que um motor é aspirado quando não utiliza nenhum mecanismo específico para aumentar o envio de ar para dentro de suas câmaras de combustão. Primeiramente, o trabalho aborda alguns conceitos tais como os componentes do motor e seus ciclos de operação. A seguir, foram listadas algumas ferramentas que possibilitam alcançar o objetivo principal da monografia.

Palavras-chave: aumentar, potência, motor, diesel

ABSTRACT

This work aims to show resources used to increase the effective power of a diesel engine originally aspirated. It is said that when an engine is aspirated, it uses no specific mechanism to increase the transmission of air into its combustion chamber. Firstly, the paper discusses some concepts such as the components of the engine and its operating cycles. Next, were listed some tools that allow reaching the main objective of the monograph.

Keywords: increase, power, diesel, engine

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Primeiro motor diesel	11
Figura 2 - Rudolf Diesel	12
Figura 3 - Cabeçote, bloco e cárter do motor	14
Figura 4 - Cabeçote do motor	15
Figura 5 - Diversos tipos de válvulas para motores	15
Figura 6 - Eixo de cames ou eixo de comando de válvulas	16
Figura 7 - Bloco do motor	16
Figura 8 - Diâmetro do cilindro do motor	17
Figura 9 - Eixo de manivelas ou virabrequim	17
Figura 10 - Curso do pistão	18
Figura 11 - Pistão com três ranhuras para colocação dos anéis de segmento	18
Figura 12 - Biela e casquilhos	19
Figura 13 - Cárter do motor de combustão interna	19
Figura 14 - Câmara de combustão	20
Figura 15 - Admissão de ar	22
Figura 16 - Compressão do ar e injeção do combustível	22
Figura 17 - Expansão	23
Figura 18 – Descarga dos gases da combustão	23
Figura 19 - Funcionamento de um motor diesel de dois tempos	24
Figura 20 – Indicador mecânico	26
Figura 21 - Freio de prony	28
Figura 22 - Turbocompressor	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 HISTÓRIA DO MOTOR DIESEL	11
2.1 A criação do primeiro modelo	11
2.2 Evolução histórica dos tipos de combustível	13
3 CONHECENDO O MOTOR DIESEL	14
3.1 Componentes de um motor diesel	14
4 FUNCIONAMENTO DO MOTOR	21
4.1 Princípios de funcionamento	21
4.1.1 Motor de quatro tempos	21
4.1.2 Motor de dois tempos	24
4.2 O motor diesel aspirado	24
5 TIPOS DE POTÊNCIA DO MOTOR	26
5.1 Potência teórica (W_o)	26
5.2 Potência indicada (W_i)	26
5.3 Potência efetiva (W_e)	27
5.4 Potência de atrito (W_a)	28
5.5 Rendimentos	29
6 AUMENTANDO A POTÊNCIA EFETIVA DE UM MOTOR DIESEL ASPIRADO	30
6.1 Aumento da potência indicada (W_i)	30
6.2 Diminuição da potência de atrito (W_a)	31
6.3 Melhora da combustão	32
6.3.1 O motor diesel supercarregado	32
6.3.2 O que é um turbocompressor	32
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1 INTRODUÇÃO

O principal objetivo deste trabalho é conhecer os vários recursos utilizados para aumentar a potência efetiva de um motor Diesel. O motor Diesel é um tipo de motor de combustão interna cuja ignição do combustível acontece numa câmara onde há previamente ar em uma temperatura elevada e em alta pressão. Esse motor apresentará um bom desempenho e longa vida útil caso receba cuidados adequados. Porém, como em qualquer outra máquina, o seu funcionamento acarreta desgaste das partes móveis devido ao atrito, sendo este capaz de diminuir drasticamente o desempenho do motor.

No Capítulo I, conheceremos a história do motor diesel e quais foram os principais objetivos de sua criação.

Já o Capítulo II apresentará as principais partes do motor diesel e alguns termos técnicos a este relacionado que são de suma importância para uma boa compreensão desse assunto.

No Capítulo III, será explicado o funcionamento básico dos motores diesel em relação ao número de tempos e as formas como o ar pode ser injetado na câmara de combustão.

O Capítulo IV mostrará detalhadamente os diferentes tipos de potência presentes em um motor Diesel, os tipos de rendimento e como essas variáveis são calculadas.

Por fim, no Capítulo V serão demonstrados os fatores que alteram diretamente o cálculo da potência efetiva.

2 HISTÓRIA DO MOTOR DIESEL

2.1 A criação do primeiro modelo

O primeiro modelo do motor diesel que teve seu funcionamento com um mínimo de eficiência foi criado na data de 10 de Agosto de 1893. Foi desenvolvido pelo alemão Rudolf Diesel, em Augsburg, Alemanha, e até hoje é conhecido por esse nome devido ao sobrenome do seu criador. Cinco anos depois, esse motor foi apresentado de forma oficial na Feira Mundial de Paris, França, em 1898.

Figura 1 - Primeiro motor diesel



Fonte: (<http://ttmax.zikforum.com/t94-a-invencao-do-motor>).

Naquela época, Rudolf utilizou óleo de amendoim como combustível, um tipo de biocombustível que se obtém através do processo de transesterificação.

Alguns anos depois, e com o motor ainda em desenvolvimento, Rudolf Diesel fez a

seguinte afirmação: “O motor diesel pode ser alimentado por óleos vegetais, e ajudará no desenvolvimento agrário dos países que vierem a utilizá-lo. O uso de óleos vegetais como combustível pode parecer insignificante hoje em dia. Mas com o tempo irão se tornar tão importante quanto o petróleo e o carvão são atualmente”.

Um dos primeiros usos do óleo vegetal transesterificado foi o abastecimento de veículo pesados na África do Sul, antes da Segunda Guerra Mundial. O processo chamou a atenção de pesquisadores norte-americanos durante a década de 40, quando buscavam uma maneira mais rápida de produzir glicerina para alimentar bombas no período de guerra.

Depois do falecimento de Rudolf Diesel, vários países começaram a desenvolver combustíveis derivados do petróleo. Chamou-se de “Óleo Diesel”, um combustível que por ser mais barato que os demais, passou a ser largamente utilizado. Foi esquecido, desta forma, o princípio básico que levou à sua invenção, ou seja, um motor que funcionasse com óleo vegetal e que pudesse ajudar de forma substancial no desenvolvimento da agricultura dos diferentes países.

Figura 2 - Rudolf Diesel



Fonte: (http://pt.wikipedia.org/wiki/Rudolf_Diesel).

A abundância de petróleo aliada aos baixos custos dos seus derivados fez com que o uso dos óleos vegetais caísse no esquecimento. Mas os conflitos entre países e o efeito estufa foram elementos que marcaram de forma definitiva a consciência do desenvolvimento autossustentável pelos ambientalistas.

2.2 Evolução histórica dos tipos de combustível

Anos 70: devido à abundância e baixo custo dos derivados de petróleo houve um declínio do interesse pelo uso dos óleos vegetais. Nesta mesma década, devido aos dois grandes choques mundiais que elevaram o preço do petróleo, há a retomada pelos testes com óleo vegetal.

Anos 80: novo declínio do interesse pelos óleos vegetais, motivado pelo domínio da indústria do petróleo.

Anos 90: retomada do interesse devido às pressões ambientalistas e a introdução do conceito de desenvolvimento sustentável.

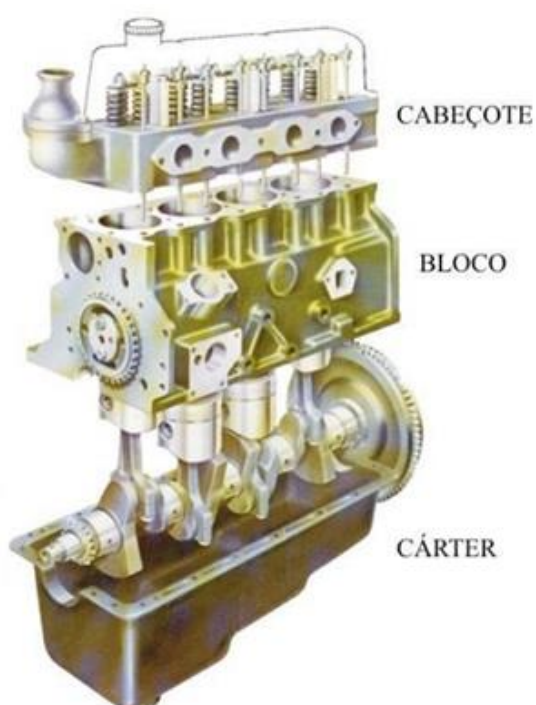
Século XXI: efeito estufa, guerra, desenvolvimento do setor primário e fixação do homem no campo, fazem com que o investimento na pesquisa, produção e divulgação do biodiesel se espalhem por todo o mundo.

3 CONHECENDO O MOTOR DIESEL

3.1 Componentes de um motor diesel

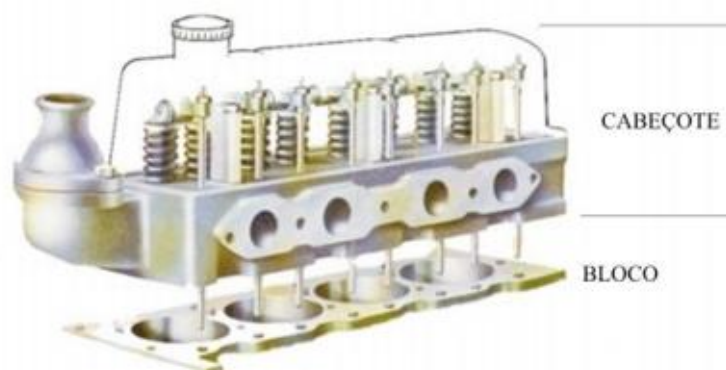
Os motores de combustão interna apresentam três partes fixas principais: cabeçote, bloco e cárter, conforme ilustrado na Figura 3 abaixo.

Figura 3 - Cabeçote, bloco e cárter do motor



Fonte: (VARELLA, 2012, p.2).

Cabeçote do motor: o cabeçote é a parte superior do motor. Normalmente os cabeçotes de motores resfriados a água são fabricados em ferro fundido, e em circunstâncias especiais que exige pouco peso, são fabricados em alumínio. A figura 4 ilustra o cabeçote de um motor diesel de quatro tempos.

Figura 4 - Cabeçote do motor

Fonte: (VARELLA, 2012, p.2).

Válvulas: atualmente, quase todos os motores apresentam válvulas no cabeçote. As válvulas controlam a entrada de ar e/ou a saída dos gases no cilindro. A passagem dos gases de admissão mantém sua temperatura da válvula de admissão entre 250°C e 300°C.

A válvula de descarga suporta temperaturas entre 700°C e 750°C. O motor de quatro tempos convencional apresenta duas válvulas por cilindro: uma de admissão e outra de descarga. A Figura 15 ilustra diversos tipos de válvulas para motores.

Figura 5 - Diversos tipos de válvulas para motores

Fonte: (VARELLA, 2012, p.3).

Eixo de cames ou eixo de comando de válvulas: controla a abertura e fechamento das válvulas de admissão e descarga, se existentes. Recebe movimento do eixo de manivelas, possui um ressalto ou came para cada válvula e gira com metade da velocidade do eixo

de manivelas. Os ressaltos atuam sobre os impulsadores das válvulas em tempos precisos. Os eixos de cames são fabricados em aço forjado ou ferro fundido (ao níquel-cromo-molibdênio). Passam por tratamentos como cementação e têmpera, de maneira a oferecer a máxima resistência ao desgaste dos ressaltos.

O eixo de comando de válvulas pode ser encontrado no cabeçote ou no bloco do motor. A Figura 16 ilustra o eixo de cames ou de comando de válvulas.

Figura 6 - Eixo de cames ou eixo de comando de válvulas

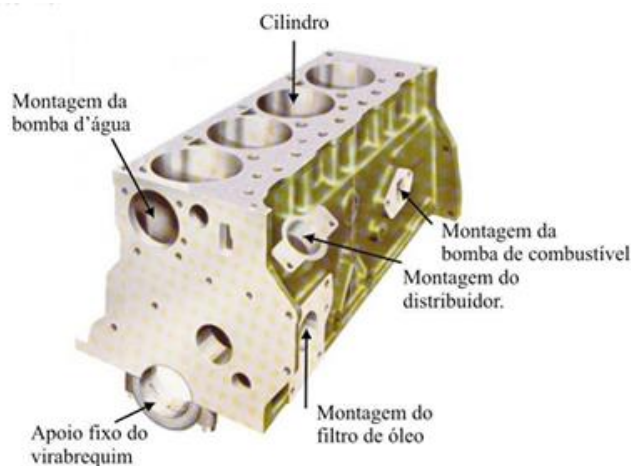


Fonte: (VARELLA, 2012, p.4).

Bloco do motor: o bloco é a parte central do motor. São, na sua maioria, de ferro fundido. A resistência do bloco pode ser aumentada, se for utilizada na sua fabricação uma liga de ferro fundido com outros metais.

Alguns blocos de motor são fabricados com ligas de metais leves, o que diminui o peso e aumenta a dissipação calorífica. A Figura 15 ilustra o bloco do motor de combustão interna.

Figura 7 - Bloco do motor



Fonte: (VARELLA, 2012, p.4).

Cilindro do motor: o cilindro é um furo no bloco, aberto nas extremidades. Os cilindros podem ser constituídos por uma peça sobressalente denominada camisa, que é colocada no furo do bloco, evitando que sofra desgaste.

Camisa: A camisa ou câmara de água é um conjunto de condutores para circulação da água de resfriamento dos cilindros, e, é normalmente fundida com o bloco do qual faz parte integrante. O diâmetro do cilindro é determinado conforme ilustrado na Figura 16.

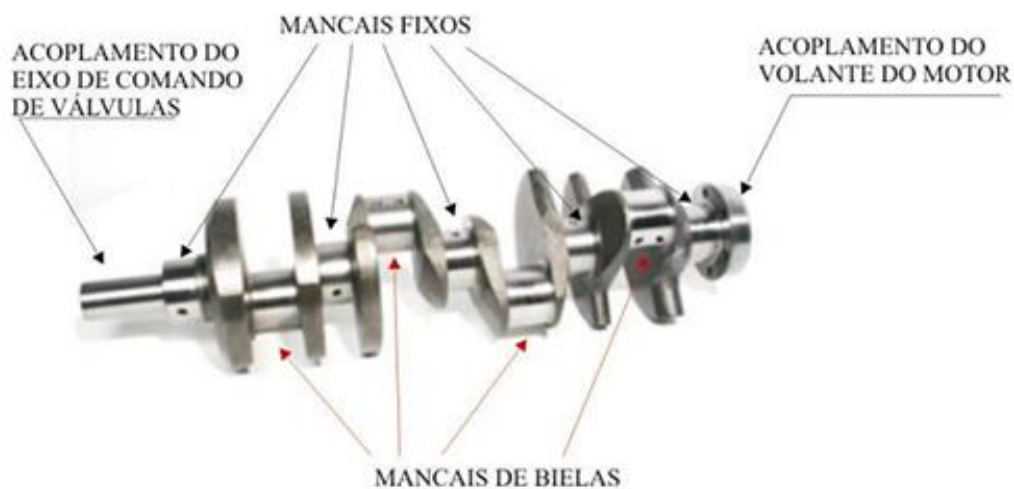
Figura 8 - Diâmetro do cilindro do motor



Fonte: (VARELLA, 2012, p.5).

Eixo de manivelas ou virabrequim: o eixo de manivelas possui numa extremidade um flange para acoplamento do volante do motor, e na outra uma engrenagem para transmissão de rotação ao eixo de comando de válvulas. Podem ser movimentados por intermédio de correia dentada ou corrente e normalmente são fabricados em aço ou aço fundido. A Figura 15 ilustra um eixo de manivelas de um motor de quatro cilindros.

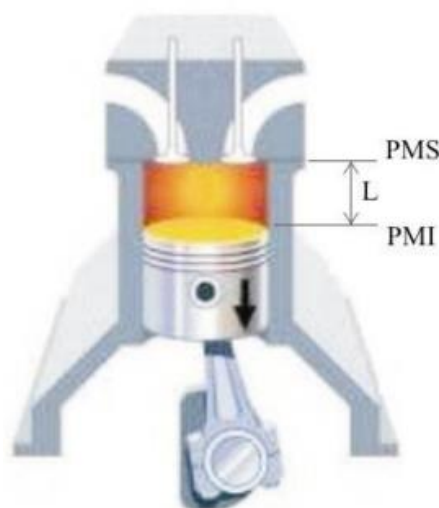
Figura 9 - Eixo de manivelas ou virabrequim



Fonte: (VARELLA, 2012, p.5).

Pistão: também chamado de êmbolo, é fechado na parte superior e aberto na inferior. O pistão se movimenta linearmente no interior do cilindro percorrendo sempre uma mesma distância denominada de curso. Curso é a distância entre o ponto morto superior e o ponto morto inferior do pistão. A Figura 16 abaixo mostra um êmbolo no interior do seu cilindro.

Figura 10 - Curso do pistão

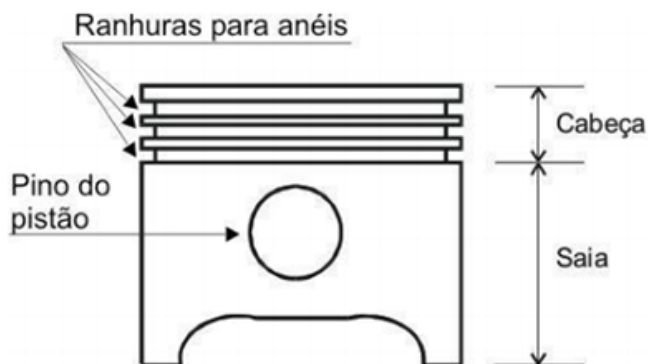


Fonte: (VARELLA, 2012, p.5).

O pistão apresenta ranhuras na parte superior para fixação dos anéis de segmento. Existem dois tipos de anéis de segmento: o de compressão e o de lubrificação. Os anéis de compressão impedem a passagem do ar da compressão e os gases da combustão para o cárter, mantendo assim, a pressão sobre a cabeça do pistão.

Os anéis de lubrificação distribuem e raspam o excesso de óleo que fica na parede do cilindro, removendo-o para o cárter. A Figura 11 ilustra um pistão com três ranhuras na cabeça para colocação dos anéis de segmento.

Figura 11 - Pistão com três ranhuras para colocação dos anéis de segmento



Fonte: (VARELLA, 2012, p.5).

Biela ou conectora: em forma de haste, serve para transmitir o movimento linear alternativo do pistão para o eixo de manivelas. A biela é fixada nos mancais móveis e não fica em contato direto com o eixo. Entre a biela e o eixo são colocados casquilhos ou bronzinas para evitar desgastes. Mesmo assim, essas peças não são justas, existindo entre elas uma folga por onde circula o óleo lubrificante. A biela e os casquilhos são ilustrados na Figura 12 abaixo.

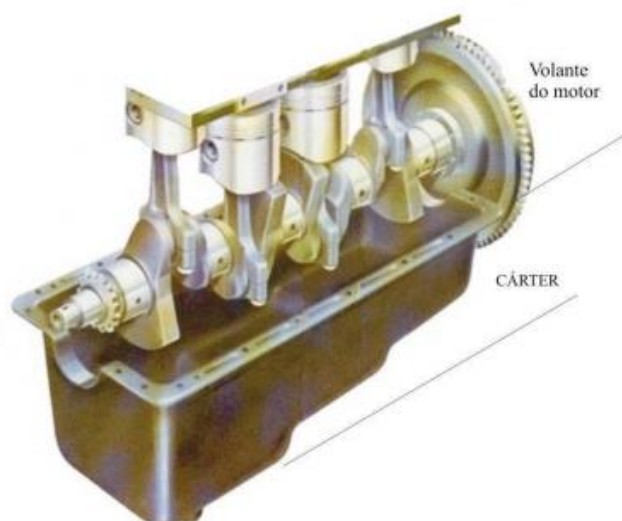
Figura 12 - Biela e casquilhos



Fonte: (VARELLA, 2012, p.6).

Cárter: é a parte inferior do motor. Nos motores de médio e grande porte possui a função de armazenar o óleo lubrificante. A Figura 13 ilustra o cárter do motor de combustão interna.

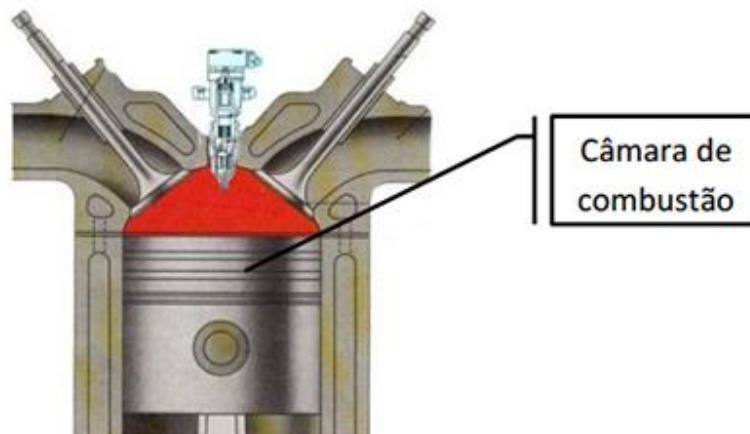
Figura 13 - Cárter do motor de combustão interna



Fonte: (VARELLA, 2012, p.6).

Câmara de combustão: é o espaço compreendido entre o cabeçote do motor e a cabeça do pistão quando este se encontra no ponto morto superior. Apresentam formas irregulares e é onde ocorre a combustão do combustível. A Figura 14 apresenta uma câmara de combustão.

Figura 14 - Câmara de combustão



Fonte: (VARELLA, 2012, p.6).

4 FUNCIONAMENTO DO MOTOR

4.1 Princípios de funcionamento

Os motores de combustão interna, segundo o tipo de combustível que utilizam, são classificados em motores do ciclo Otto e motores do ciclo Diesel.

Motores do ciclo Otto são aqueles que aspiram uma mistura ar-combustível preparada antes de ser comprimida no interior dos cilindros. A combustão da mistura é provocada através de uma centelha produzida pela vela de ignição. É o caso de todos os motores a gasolina, álcool, gás ou metanol, que são utilizados, em geral, nos automóveis.

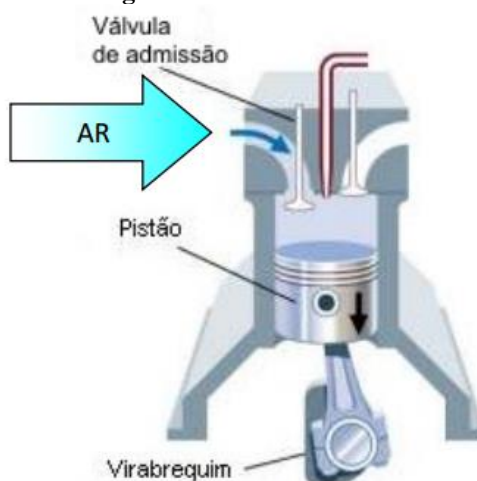
Motores do ciclo Diesel são aqueles que aspiram ar, que após ser comprimido no interior dos cilindros, recebe o combustível em pressão superior àquela em que o ar se encontra. A combustão ocorre por autoignição quando o combustível entra em contato com o ar aquecido pela pressão elevada. O combustível que é injetado ao final da compressão do ar, na maioria dos motores do ciclo Diesel, é o óleo diesel comercial, porém outros combustíveis, tais com nafta, óleos minerais mais pesados e óleos vegetais podem ser utilizados em motores construídos especificamente para a utilização destes combustíveis.

O processo Diesel não se limita a combustíveis líquidos. Nos motores segundo o processo Diesel, podem ser utilizados também carvão em pó e produtos vegetais. Também é possível utilizar gás como combustível nos motores conhecidos como mistos ou conversíveis, que já são produzidos em escala considerável e vistos como motores do futuro.

3.1.1 Motor de quatro tempos

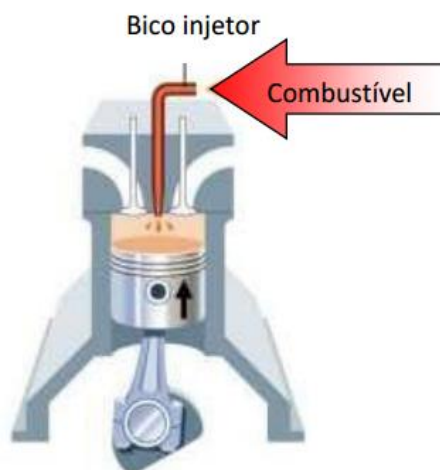
Nesse tipo de motor, um ciclo de trabalho ocorre a cada duas rotações do eixo de manivelas, ou seja, quatro cursos do pistão.

No primeiro tempo, com o pistão em movimento descendente, ocorre a admissão de ar em motores Diesel.

Figura 15 - Admissão de ar

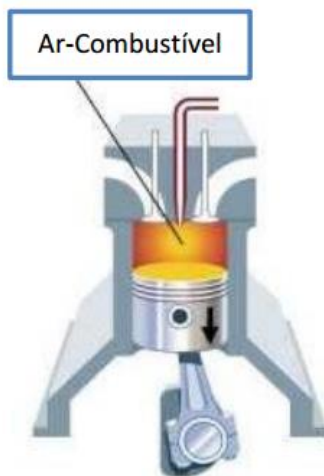
Fonte: (<http://www.clubedodiesel.com.br/?p=741>).

No segundo tempo, ocorre a compressão do ar com o pistão em movimento ascendente. Pouco antes de o pistão completar seu curso, ocorre a injeção do combustível.

Figura 16 - Compressão do ar e injeção do combustível

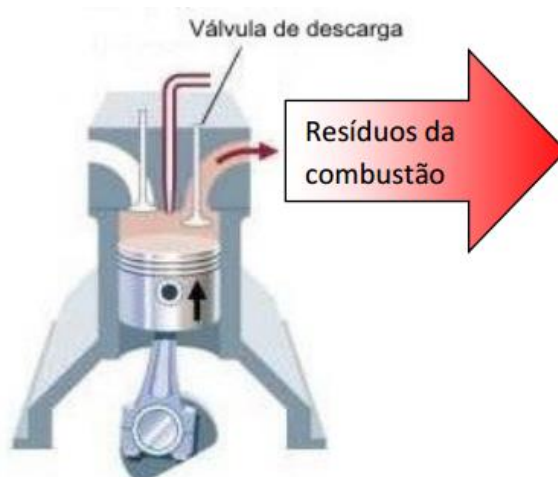
Fonte: (<http://www.clubedodiesel.com.br/?p=741>).

No terceiro tempo, a expansão dos gases provenientes da ignição provocam uma transferência de energia ao pistão, provocando assim um movimento descendente do mesmo.

Figura 17 - Expansão

Fonte: (<http://www.clubedodiesel.com.br/?p=741>).

No quarto tempo, com o pistão novamente em movimento ascendente, os gases provenientes da combustão são expelidos da câmara de combustão.

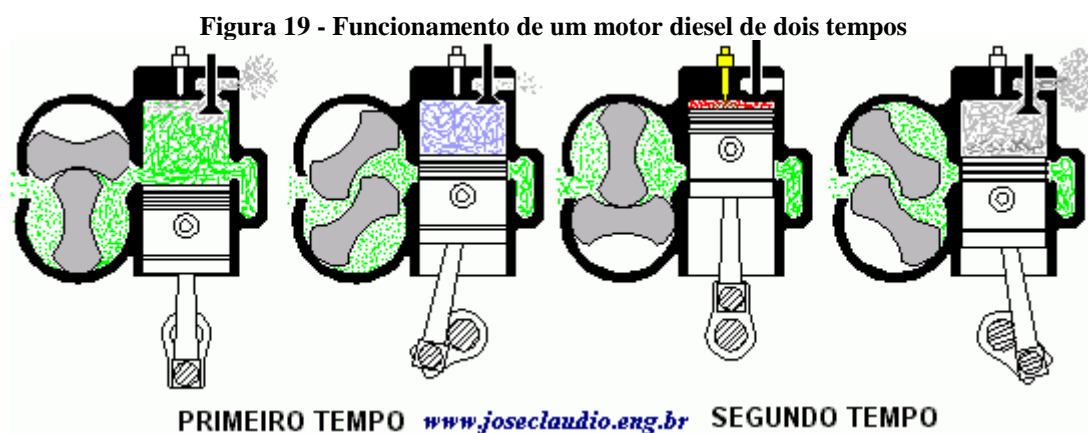
Figura 18 – Descarga dos gases da combustão

Fonte: (<http://www.clubedodiesel.com.br/?p=741>).

Durante os quatro tempos, é transmitido trabalho ao pistão uma única vez. A energia é armazenada no volante do motor e convertida no movimento mecânico capaz de fazer com que o motor complete de forma correta seus tempos de admissão, compressão e descarga.

3.1.2 Motor de dois tempos

Nesse tipo de motor, o ciclo de trabalho ocorre a cada rotação do eixo de manivelas, ou seja, dois cursos do pistão. No movimento descendente do êmbolo, ocorre a expansão seguida da descarga dos gases. No movimento ascendente, ocorre a admissão do ar, seguida da compressão.



Fonte: (http://www.joseclaudio.eng.br/grupos_geradores_1.html).

Vantagens: O motor de dois tempos, com o mesmo dimensionamento e RPM de um motor de quatro tempos, provoca uma maior potência e um torque mais uniforme

Desvantagens: Além da necessidade da bomba de ar, possui menos poder calorífico e consumo de combustível relativamente elevado, comparando-o com um motor de quatro tempos de igual dimensionamento.

3.2 O motor diesel aspirado

O motor aspirado é o mais comum de ser encontrado. Nesse tipo de motor, o oxigênio presente no ar atmosférico é succionado para dentro da câmara de combustão através da diferença de pressão causada unicamente pelo movimento descendente do êmbolo durante a admissão.

O limite de potência obtido por um motor é determinado pela quantidade de ar que ele aspira num certo período de tempo, e não pela quantidade de combustível utilizada. Isto porque quando atingido um certo ponto, a adição de mais combustível não produzirá mais potência e sim desperdício.

5 TIPOS DE POTÊNCIA DO MOTOR

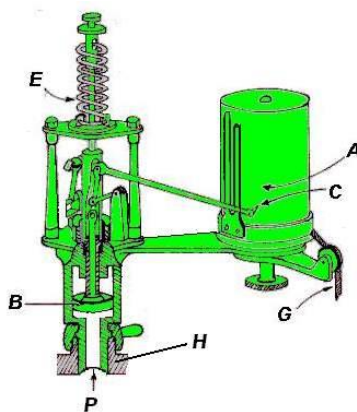
5.1 Potência teórica (W_o)

A potência teórica é uma potência que não é possível ser obtida durante o funcionamento do motor, somente através de testes realizados em laboratórios de química. A potência teórica é a potência que seria desenvolvida pelo motor se todo o calor da queima do combustível fosse aproveitado para produzir trabalho no seu eixo de manivelas. Sabe-se, no entanto, que isso é impossível. Mais da metade do calor é perdido através dos gases de descarga, pela água de resfriamento e pelo atrito entre as peças móveis.

5.2 Potência indicada (W_i)

Após a combustão da mistura ar/combustível no interior dos cilindros, os gases resultantes da queima desenvolvem uma potência sobre os êmbolos e todo o cilindro. Essa é chamada de potência indicada. Para determiná-la, necessitamos encontrar o valor da pressão média indicada (pmi), que é obtida utilizando-se um indicador mecânico, indicador de Watt ou um MIP Calculator. Na figura 20 é possível ver um indicador mecânico.

Figura 20 – Indicador mecânico



Fonte: (<http://meoclassiv.blogspot.com.br/2013/07/calculation-of-indicated-and-effective.html>).

Para motores de 2 tempos, a potência indicada W_i é encontrada pela fórmula:

$$W_i = \frac{0,7854.D^2.P.C.N.n}{4500} \quad (CV)$$

E para motores de 4 tempos:

$$W_i = \frac{0,7854.D^2.P.C.N.n}{9000} \quad (CV)$$

Caso deseje-se obter a potência utilizando a unidade Watt, as fórmulas e unidades serão:

Motores de 2 tempos:

$$W_i = \frac{0,7854.D^2.P.C.N.n.10}{60.1000} \quad (KW)$$

Motores de 4 tempos:

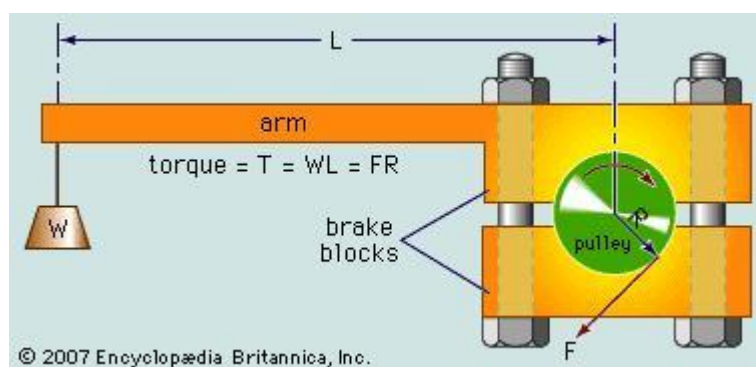
$$W_i = \frac{0,7854.D^2.P.C.N.n.10}{2.60.1000} \quad (KW)$$

5.3 Potência efetiva (W_e)

A potência efetiva é a que se encontra disponível na saída do eixo de manivelas do motor. É bem menor do que a potência indicada devido as perdas por atrito, somadas à energia necessária ao desenvolvimento dos tempos de admissão, compressão e descarga. Ela pode ser determinada conhecendo-se a potência indicada e o rendimento mecânico ou a potência indicada e a potência de atrito.

Na fábrica, durante os testes de bancada, o motor é submetido a um dinamômetro ou aparelho de freio. Existem vários tipos de freio: Prony, elétrico, corrente de Foucault, entre outros. Mas é em um dinamômetro hidráulico (water brake), que são testados os motores marítimos de médio e grande porte. Os ensaios são feitos nos regimes de 25%, 50%, 75%, 100% e 110% da carga. Os resultados obtidos permitem traçar várias curvas de desempenho do motor, entre as quais a da potência efetiva.

Figura 21 - Freio de prony



Fonte: (<http://www.britannica.com/EBchecked/media/47696/Elements-of-a-typical-Prony-brake>).

5.4 Potência de atrito (W_a)

É a potência destinada a cobrir as perdas do motor, exceto aquela produzida pelo sistema de resfriamento do motor. É dada pelas perdas por causa do atrito das superfícies metálicas em movimento, a energia necessária ao desenvolvimento dos tempos de trabalho negativo como o de admissão, o de compressão e o de descarga, e também a energia utilizada para o acionamento de alguns componentes do motor tais como: eixo de cames, bombas injetoras de combustível, válvulas, de aspiração e/ou descarga, bombas de óleo e água, etc.

A potência de atrito (W_a) é obtida subtraindo a potência efetiva da potência indicada, conforme a fórmula abaixo:

$$W_a = W_i - W_e$$

5.5 Rendimentos

Há três tipos de rendimento: total, térmico e indicado.

Rendimento total - é a relação entre a potência mecânica, desenvolvida à saída do eixo de manivelas do motor, e a que lhe é fornecida sob a forma de combustível. Em outras palavras, é a relação entre a potência efetiva e a potência teórica do combustível.

$$\eta = \frac{W_e}{W_o}$$

Rendimento térmico - é a relação entre a energia recebida pelos êmbolos e o potencial energético do combustível.

$$\eta_{ti} = \frac{W_i}{W_o}$$

Rendimento mecânico - é a relação entre a energia disponível no eixo de manivelas e a recebida pelos êmbolos. Em outras palavras, é a relação entre a potência efetiva e a potência indicada.

$$\eta = \frac{W_e}{W_i}$$

6 AUMENTANDO A POTÊNCIA EFETIVA DE UM MOTOR DIESEL ASPIRADO

Foi observado anteriormente que a potência efetiva é a que literalmente fica disponível para o utilizador no eixo de manivelas, logo, torna-se a mais importante. Uma das maneiras de calcular a potência efetiva é através da fórmula $W_e = W_i - W_a$, ou seja, subtraindo a potência de atrito da potência indicada. Dessa forma é correto afirmar que é possível produzir uma variação positiva na potência efetiva provocando um aumento na potência indicada ou uma diminuição na potência de atrito.

6.1 Aumento da potência indicada (W_i)

A fórmula utilizada para encontrar o valor de W_i é:

$$W_i = (p_{mi} * L * A * n * N) / (4500 * NT/2)$$

Sendo:

p_{mi} = pressão média indicada (kg/cm²);

L = o curso do êmbolo (m);

A = área do cilindro (cm²);

N = rotação do motor (rpm);

n = número de cilindros do motor;

NT = número de tempos do motor.

É possível observar que para que haja um aumento da potência indicada (W_i), deve-se aumentar qualquer variável que esteja no numerador da fórmula (p_{mi} , L , A , n ou N). Como os valores de L ou A ou n são constantes, torna-se possível somente a variação da pressão média indicada (p_{mi}) e da rotação (RPM) do motor diesel.

Para alterar a rotação, basta modificar a posição da manete de aceleração encontrada na parte superior do motor. Para elevar o valor encontrado na p_{mi} , tem-se em vista que deve-se modificar qualquer recurso possível que possa aumentar a pressão interna do cilindros. Estes recursos podem ser:

- Aumento da taxa de compressão;
- aumento da quantidade de combustível;
- melhora da qualidade do combustível;
- lavagem da câmara de combustão;
- diminuição dos vazamentos provocados pelas válvulas, janelas de admissão/descarga ou anéis de compressão;
- alteração dos pontos de abertura e fechamento das válvulas de aspiração e de descarga, etc; e
- melhora da combustão.

6.2 Diminuição da potência de atrito (W_a)

Tendo em vista que a potência de atrito é uma parte da potência indicada consumida pelo atrito das peças móveis e pelo esforço de bombeamento dos fluidos (água doce, água salgada, óleo lubrificante, gases de descarga, ar de alimentação, combustível, etc.), então quaisquer recursos utilizados para diminuir essas perdas irão contribuir para um aumento na potência efetiva (W_e). Alguns recursos que podem ser utilizados para diminuir a W_a em um motor diesel são:

- Facilitação da entrada do ar de alimentação;
- facilitação da saída dos gases de descarga;
- utilização de componentes móveis mais leves;
- diminuição do atrito das peças móveis;
- utilização de menos componentes acionados pelo próprio motor, etc.

6.3 Melhora da combustão

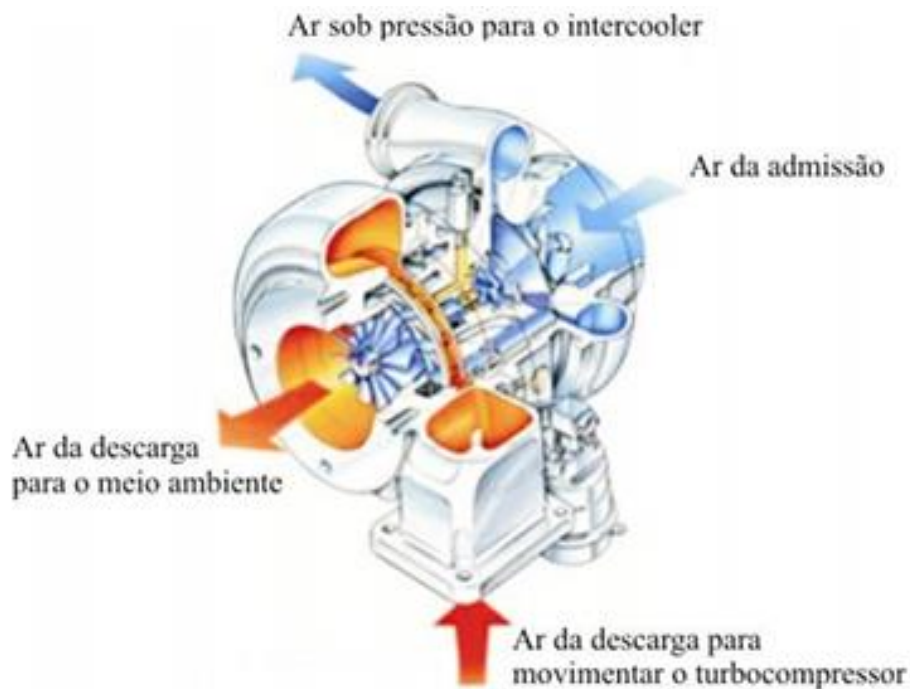
É alcançada quando se coloca maior carga de ar no interior dos cilindros. Isso pode ser obtido aumentando-se o tempo de abertura ou o tamanho das válvulas ou janelas, utilizando-se coletores de ar e de gases com diâmetros maiores ou comprimentos menores, ou fazendo uso de um compressor para aumentar a pressão do ar de alimentação.

6.3.1 O motor diesel supercarregado

Como dito anteriormente, a principal limitação da potência do motor é a quantidade de massa de ar que é possível adicionar na câmara de combustão, uma vez que alterar a quantidade de combustível inserida é uma tarefa fácil. Uma das formas de ultrapassar essa barreira, é utilizando um turbocompressor.

6.3.2 O que é um turbocompressor

Podendo ser denominado por turbina, supercharger, turbocompressor, sobrealimentador, supercarregador, turboalimentador ou simplesmente turbo, possui a finalidade de elevar a pressão do ar no coletor de admissão acima da pressão atmosférica, fazendo com que no mesmo volume, seja possível caber uma maior quantidade de massa de ar. Isso possibilita que uma maior quantidade de combustível também seja injetada, proporcionando mais potência ao motor e uma maior pressão de compressão no interior do cilindro. Uma elevada pressão de compressão proporciona temperaturas de ignição mais altas, um melhor aproveitamento do combustível com conseqüente redução das emissões de poluentes.

Figura 22 - Turbocompressor

Fonte: (<http://www.britannica.com/EBchecked/media/47696/Elements-of-a-typical-Prony-brake>).

Para melhorar os efeitos do turbo alimentador, adiciona-se ao sistema de admissão de ar um processo de arrefecimento do ar admitido, normalmente denominado de aftercooler ou intercooler. Este possui a finalidade de reduzir a temperatura do ar, contribuindo para aumentar, ainda mais, a massa de ar no interior dos cilindros. A tendência é de que todos os motores Diesel modernos sejam turbo-alimentados.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o estudo das diversas variáveis envolvidas no funcionamento de um motor Diesel, foi possível chegarmos às respostas do tema desta monografia.

Tendo em vista o apresentado, o aumento da potência do motor diesel aspirado pode ser conseguido de diversas maneiras. É importante mencionar que deve-se conhecer os limites da estrutura do motor antes de modificar sua potência. Caso ultrapasse esse limite, a temperatura atingida poderá causar a fusão de suas peças. Limites devem ser respeitados para a segurança do equipamento e das pessoas que irão usá-lo.

Foi extremamente gratificante poder ter a oportunidade de realizar este trabalho. Espero que ele possa contribuir com os propósitos de melhoria e aperfeiçoamento do ensino dos profissionais do mar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VARELLA, C. A. A. **Constituição de motores**. 2012. 6f. Monografia (Bacharelado em Área de máquinas e energia na agricultura) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia, 2012. Disponível em:
<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/Aulas/constituicao_dos_motores.pdf> Acesso em: 6 mai. 2014

A combustão dos motores diesel. Disponível em:
<<http://www.clubedodiesel.com.br/?p=741>> Acesso em: 20 mai. 2014

CLÁUDIO, José. **Motores Diesel**. Disponível em:
<http://www.joseclaudio.eng.br/grupos_geradores_1.html> Acesso em: 29 mai. 2014

Rudolf Diesel. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Rudolf_Diesel> Acesso em: 16 abr. 2014

A invenção do motor. Disponível em: <<http://tmax.zikforum.com/t94-a-invencao-do-motor>> Acesso em: 16 abr. 2014

Elements of a typical Prony brake. Disponível em:
<<http://www.britannica.com/EBchecked/media/47696/Elements-of-a-typical-Prony-brake>>
Acesso em: 3 jun. 2014

Calculation of indicated and effective power. Disponível em:
<<http://meoclassiv.blogspot.com.br/2013/07/calculation-of-indicated-and-effective.html>>
Acesso em: 10 jun. 2014