

O Motor Do Carro E Seu Funcionamento

Leonardo César Inácio de Oliveira¹
Professor Erique de Souza Siqueira²

RESUMO

O seguinte artigo trata dos princípios de funcionamento do motor de combustão interna de quatro tempos, desenvolvido através de uma revisão de literatura com abordagem qualitativa e interpretativa, a fim de trazer conhecimentos fundamentais a esta poderosa máquina que foi uma das maiores invenções da engenharia. Neste trabalho é apresentada a estrutura básica do motor e os componentes que formam e moldam este sistema, bem como o funcionamento passo a passo do ciclo Otto e sua diferença com o ciclo Diesel desenvolvido em quatro caminhos e por fim, entender os conceitos de alguns cálculos importantes de desempenho do motor. Todo o conteúdo é elaborado da forma mais clara e objetiva para o fácil entendimento desse conjunto mecânico capaz de gerar energia através da combustão que ocorre dentro do cilindro. O tema é envolvente e oferece uma oportunidade para estudantes de todas as idades e interesses compreender esta brilhante invenção que revolucionou a indústria, traspassou por muitas melhorias e mudanças e ainda está em constante evolução.

Palavras-chave: Motor. Funcionamento. Combustão. Componente. Ciclo de Otto.

1 INTRODUÇÃO

Em meados do século XIX, o físico e engenheiro alemão Nikolas August Otto desenvolveu o primeiro motor a combustão interna de quatro tempos, que revolucionou a indústria da época. Os motores de combustão interna utilizam a queima de combustível para através da energia térmica gerar trabalho mecânico.

Os motores chamaram mais atenção pelas diversas vantagens sobre as máquinas a vapor como a versatilidade, aumento da eficiência, menor peso por cavalo vapor e por ter funcionamento imediato além de ser adaptável para qualquer tipo de máquina.

A indústria automobilística vem utilizado de motores a combustão interna de quatro tempos, o que permite ao automóvel ser mais potente, tendo capacidade de gerar mais energia térmica transformando-a assim em energia mecânica após a explosão do combustível dentro dos cilindros, movimentando dessa forma os pistões

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica da Ananhguera Educacional.

² Docente dos cursos de Engenharia e Administração de Empresas da Ananhguera Educacional.

que são ligados linearmente em movimento de rotação. Com o passar dos anos, a necessidade dos consumidores vem aumentando e o sistema dos automóveis evoluíram e estão cada vez mais sofisticados. Conforto, segurança e consumo são cada vez mais uma exigência para a indústria automotiva.

A motivação para o desenvolvimento desse trabalho é a necessidade de entender as diversas mudanças e aprimoramentos que os motores sofreram ao longo dos anos.

Nas últimas décadas, houve um grande avanço da mecânica e elétrica nos motores, o que desencadeou o aumento do desempenho e conseqüentemente da potência, da eficiência e do torque do que podemos chamar de coração do automóvel.

Entender o funcionamento de uma das maiores invenções do homem é fundamental para essas evoluções, aumentando assim o padrão de vida dos usuários.

A questão a ser levantada ao longo do trabalho é: Como é gerada a energia capaz de movimentar as rodas do automóvel? Como foi possível o desenvolvimento para o ciclo de quatro tempos?

O objetivo geral do trabalho é apontar as principais peças e seus componentes que modelam o sistema de um motor a quatro tempo tendo como ponto de partida a câmara de combustão onde ficam os cilindros para assim compreender como é gerada e fornecida a energia necessária para a locomoção do veículo. O trabalho tem como objetivo secundário especificar as principais funções do sistema de um motor a combustão no ciclo a quatro tempos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A metodologia deste trabalho, caracteriza-se em uma revisão bibliográfica, com abordagem qualitativa e interpretativa, sendo baseada em obras de diversos autores, os quais abordam motores a combustão e constituição dos motores como Mellis (2019), Schulz (2009), Varella (2015), entre outros. A busca foi realizada em diversas obras nos últimos 20 anos como: artigos, sites de bancos de dados e trabalhos acadêmicos.

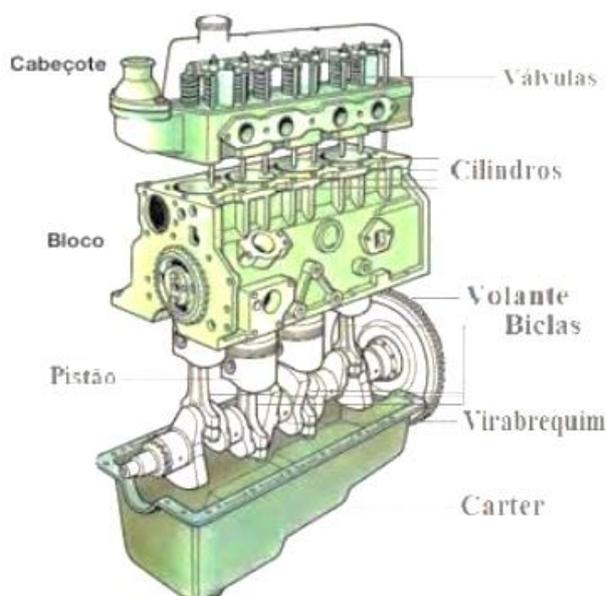
2.2 Resultados e Discussão

De acordo com Varella (2015) pode-se definir os motores como todo tipo de conjunto mecânico capaz de transformar uma qualquer energia em energia mecânica. Nosso estudo é baseado em um motor de carro, onde obtemos energia através da combustão que ocorre dentro do motor, transformando a energia química em energia mecânica. Segundo Varella (2015) tanto o aumento do volume quanto a pressão gerada produzem um movimento linear que se transforma em movimento de rotação por meio do conjunto biela-manivela. O principal objetivo desse processo é transformar a explosão do combustível em uma energia que seja capaz de movimentar as rodas do automóvel.

Schulz (2009) defende que no interior da câmara ocorre a combustão dos gases e não uma explosão de gases. O resultado da queima gera o aumento da pressão no interior da câmara o que gera o movimento do pistão. A Figura 1 apresenta a estrutura básica do motor e seus componentes.

A explosão da mistura seria uma forma descontrolada da queima do combustível, com ela pode-se exceder a capacidade do cilindro e com isso ocasionar uma diminuição na vida útil do motor, além de gerar mais poluentes atmosféricos.

Figura 1: Partes do motor de combustão interna



Fonte: Mellis (2019)

Na literatura de Mellis (2019), é possível encontrar que os principais componentes de um motor a combustão interna são divididos em dois grupos, sendo

eles dos elementos fixos, tais como: o cabeçote, bloco e o cárter. E os elementos móveis, sendo: o pistão, também conhecido como êmbolo, biela, virabrequim, válvulas de admissão e escape, volante, cilindros, mancais, porcas, molas, juntas, casquilhos, etc.

2.2.1 Estrutura e Componentes que Formam o Motor

Os principais componentes de um motor são: O cabeçote, as válvulas, o bloco, os cilindros, o virabrequim, o pistão, os anéis de segmento, a biela, o volante, os casquilhos e o cárter. Todos esses componentes estão descritos abaixo.

2.2.2 Cabeçote

Varella (2015) descreve o cabeçote como a parte superior do motor. Este é o resultado dado para o componente tem como função tampar os cilindros, fechando o bloco na sua parte superior em uma união feita por parafusos, entre os dois há uma junta de vedação.

Pode-se dizer que atualmente basicamente todos os motores apresentam válvulas no cabeçote. Ainda na literatura de Varella (2015), encontra-se que no cabeçote dos motores de quatro tempos existe para cada cilindro, uma válvula de descarga, uma válvula de admissão, uma câmara de combustão, um coletor de admissão, um coletor de descarga. O eixo de comando de válvulas pode ser encontrado no cabeçote ou no bloco do motor.

2.2.3 Válvulas

De acordo com Tillmann (2013), os motores de quatro tempo utilizados em todo o mundo utilizam da válvula de hastes, as quais tem a função de controlar a entrada e saída dos gases no cilindro.

Existem basicamente dois tipos de válvulas: a válvula de admissão a qual se abre para permitir a entrada da mistura de combustível e de ar no interior dos cilindros e a válvula de escape que segundo o resultado definido por Tillmann (2013), é responsável pela saída dos gases resultantes da combustão.

Existem dois tipos de válvulas: válvulas de admissão e válvulas de escape. A primeira abre-se para permitir a entrada da mistura combustível/ar (ou ar puro, conforme o caso) no interior dos cilindros. A outra, de escape, abre-se para dar saída aos gases queimados na combustão. Na figura 2, pode-se observar as válvulas de escape e admissão. As válvulas de descarga suportam elevadas temperaturas, sendo elas entre 700 e 750°C.

Figura 2: Válvulas de escape e admissão



Fonte: Canal da peça (2010)

Segundo Varella (2015) as válvulas são comandadas pelo eixo de cames, também conhecido como comando de válvulas. Esse eixo controla a abertura e o fechamento das válvulas de admissão e de descarga. O movimento recebe o nome de árvore de manivelas. Na figura 3 é apresentado o formato do eixo de comando de válvulas.

Figura 3: Eixo de comando de válvulas

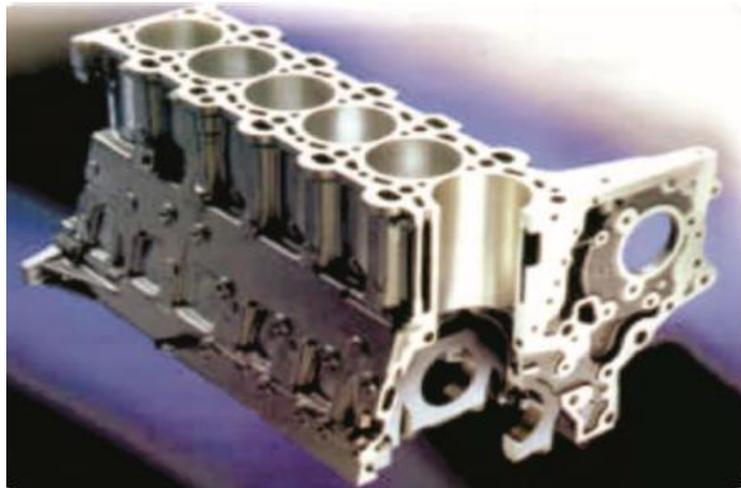


Fonte: Contagem motor peças (2007)

2.2.4 Bloco

De acordo com Tillmann (2013), a maior parte do motor é composta pelo bloco, o qual podemos afirmar ser a principal estrutura do corpo do motor. É no bloco que de forma direta ou indireta são acoplados os componentes que compõem o motor. Segundo Tillmann (2013), é dentro do bloco que os cilindros movem os pistões que ficam alojados dentro dele. A figura 4 mostra o formato do bloco de um motor, onde em seu interior também existe dutos tubulares os quais permitem a água de arrefecimento circular, assim como o óleo de lubrificação.

Figura 4: Bloco do motor



Fonte: Tillmann (2013)

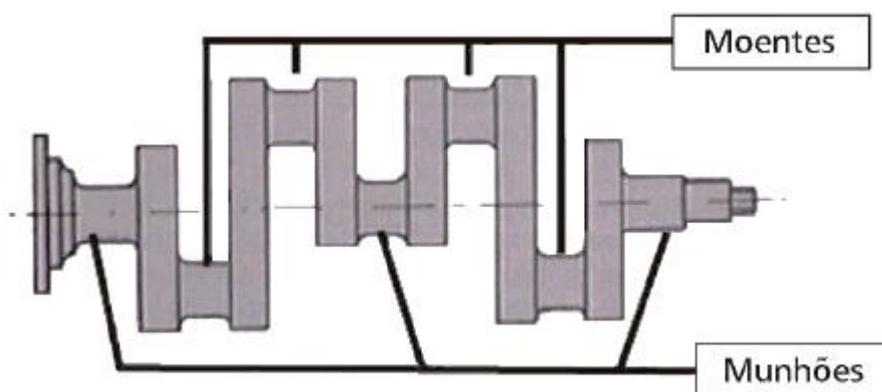
2.2.5 Cilindros

É sabido que o cilindro é um furo aberto entre as duas extremidades do bloco. Varella (2015) descreve que os cilindros podem ser constituídos de uma peça sobressalente denominada camisa, a qual é colocada no furo do bloco, e é capaz de evitar que este sofra desgaste. A camisa também chamada de câmara de água é um conjunto de condutores para circulação da água de resfriamento dos cilindros”. Para Varella (2015), a camisa normalmente é fundida com o bloco do qual faz parte.

2.2.6 Virabrequim (Árvore de Manivelas)

O eixo de manivelas (EDM) ou árvore de manivelas (ADM) também conhecido como virabrequim é um elemento responsável por dar força ao motor. Segundo Tillmann (2013), o virabrequim é instalado na parte inferior do bloco onde é colocado bielas que impedem o movimento, por isso é considerado o eixo do motor. Em uma extremidade do eixo possui um flange na qual é acoplado o volante do motor e na outra fica a engrenagem ou a roda dentada de acionamento do comando de válvulas. (Tillmann, 2013). Na Figura 5 apresenta os moentes e munhões localizados no virabrequim.

Figura 5: Localização dos moentes e munhões do virabrequim



Fonte: Tillmann (2013)

De acordo com Tillmann (2013) na linha de eixo é onde fica o conjunto de munhões, pontos fixos de assentamento dos mancais de fixação no bloco, nos quais o virabrequim gira e onde fica apoiado no bloco do motor. Os moentes são as partes do virabrequim onde se apoiam as bielas.

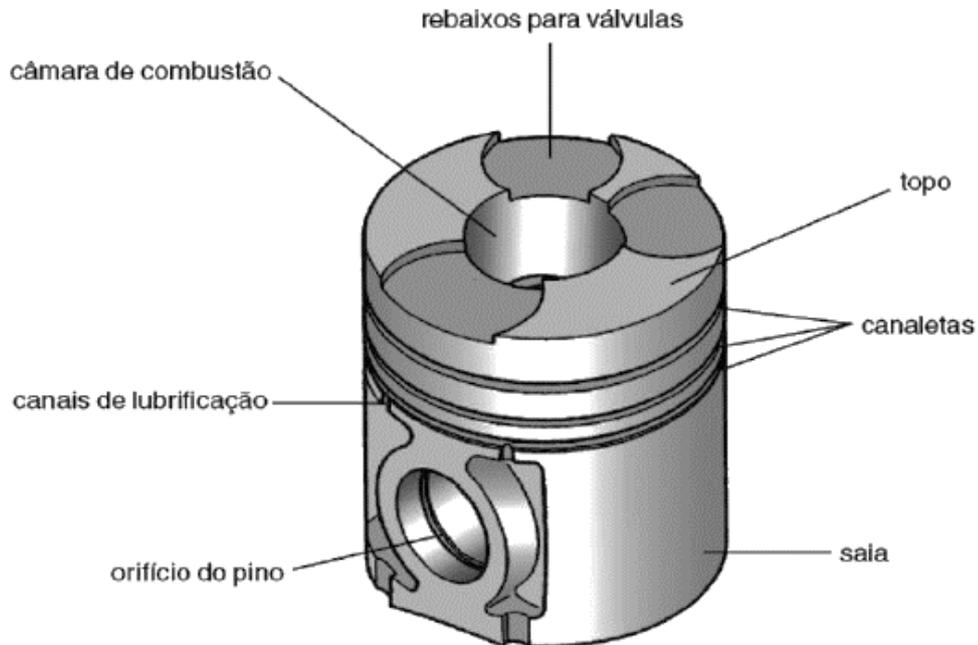
2.2.7 Êmbolo (Pistão)

O pistão é fechado na parte superior e aberto na parte inferior, é a parte que se movimenta devido à expansão dos gases causados pela queima vinda da combustão.

Tillmann (2013) defende que o embolo recebe a força de expansão dos gases queimados, transmitindo a biela, por intermédio de um pino de aço também chamado de pino do pistão. Os pistões apresentam ranhuras na parte superior onde são fixados

os anéis de segmento para lubrificação e vedação do sistema. Na Figura 6 está apresentada as partes constituintes do êmbolo (pistão).

Figura 6: Denominação das partes constituintes de um pistão



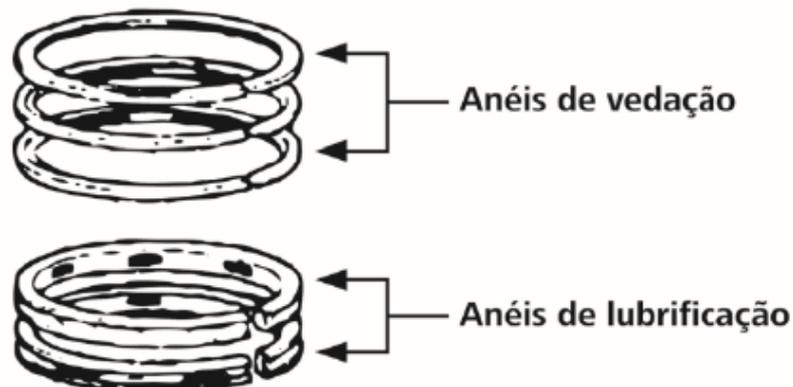
Fonte: Tillmann (2013)

2.2.8 Anéis de Segmento

Os anéis de segmento são componentes montados nos pistões para trabalharem em contato com as camisas. Segundo Tillmann (2013), os anéis apresentam três funções básicas sendo elas, a vedação da compressão e combustão, o controle do óleo lubrificante e a transferência do calor para o sistema de arrefecimento. A figura 7 apresenta os anéis de segmento que fazem parte do pistao.

Figura 7: Anéis de segmento

M

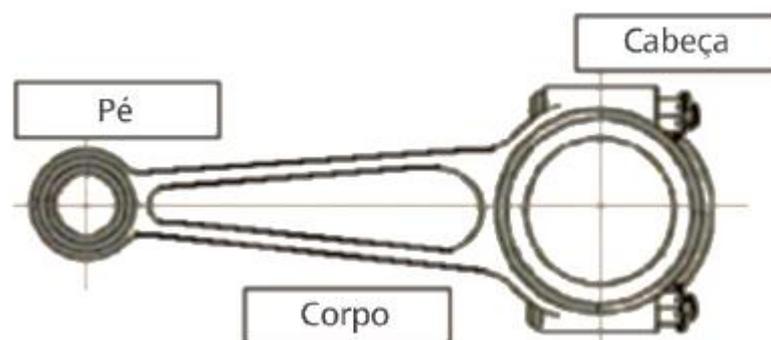


Fonte: Tillmann (2013)

2.2.9 Biela

A biela é a parte que liga o pistão ao virabrequim. De acordo com a apostila de motores a combustão interna (2013), ela é responsável por transmitir o movimento linear alternativo do pistão para o virabrequim. A biela é produzida com aço forjado dividida em três partes, sendo elas: cabeça que fica presa ao pistão pelo pino, corpo e pé que está ligado ao virabrequim com casquilho ou bronzina (são materiais de antifricção). Na figura 8 temos a representação e os detalhes da biela.

Figura 8: Detalhes da biela



Fonte: Tillmann (2013)

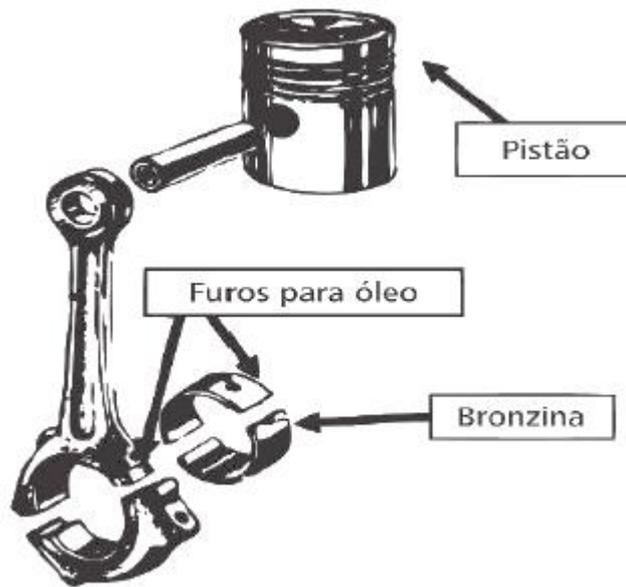
2.2.10 Volante

De acordo com Tillmann (2013), o volante fica fixado ao virabrequim para regularizar e equilibrar sua rotação. O volante absorve a energia obtida com no momento da explosão e restitui essa energia obtida nos tempos não motores.

2.2.11 Casquilhos ou Bronzinas

Segundo Varella (2015), os casquilhos ou bronzinas são buchas bipartidas. São colocados entre a biela e o virabrequim evitando dessa forma o desgaste da peça e há entre as peças uma folga por onde circula o óleo lubrificante. Na Figura 9 pode-se observar o conjunto biela, pistão e bronzinas.

Figura 9: Biela, pistão e bronzina



Fonte: Tillmann (2013)

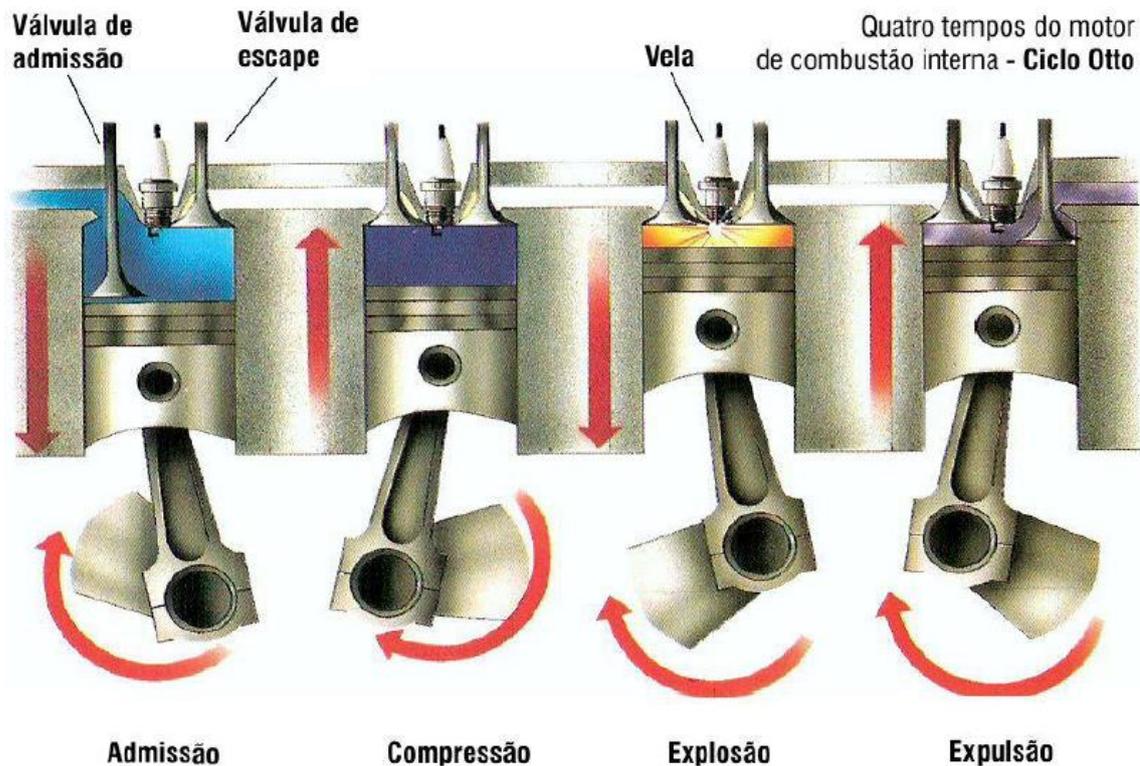
2.2.12 Cárter

O cárter é a parte inferior do motor. De acordo com Varella (2015), a bomba de óleo lubrificante fica localizada no cárter.

2.2.13 Motores a Quatro Tempos de Ciclo Otto e Diesel

De acordo com Mellis (2019), o ciclo Otto foi criado pelo engenheiro Nikolaus Otto. Trata-se de um embolo que sobe e desce duas voltas a cada volta do virabrequim. O ciclo Otto é composto de quatro tempos, sendo eles: admissão, compressão, explosão e descarga. A energia é produzida somente na fase da explosão, onde ocorre a queima do combustível. Com a figura 10 pode-se observar as etapas do ciclo Otto.

Figura 10: Funcionamento do motor de combustão interna a quatro tempos



Fonte: Silva (2017)

Segundo Dias (2009), a primeira fase é chamada de admissão, é onde a válvula de admissão fica aberta, movimentando o pistão fazendo entrar no cilindro, a mistura de ar e combustível. Essa mistura de combustível e ar é providenciada pelo sistema de alimentação, que seria o sistema de injeção eletrônica ou carburador.

A segunda fase é da compressão. De acordo com Dias (2009), ao atingir a posição mais inferior, a válvula de admissão fecha e realiza um movimento ascendente o qual comprime a mistura de ar com combustível.

Na terceira fase ocorre a explosão. Após a compressão da mistura, o embolo atinge o ponto máximo e a ignição emite uma centelha, a qual é produzida pela vela de ignição. Com a explosão da mistura, o embolo é empurrado de volta a posição PMI, produzindo energia mecânica a qual é transmitida para o virabrequim através da biela (Mellis, 2019).

Na quarta e última fase acontece a exaustão (ou escape), segundo os resultados obtidos por Dias (2009) é quando a explosão da terceira fase empurra o pistão para o PMI a válvula de escape é aberta fazendo com que reduza rapidamente a pressão, “O movimento ascendente com a válvula de escape aberta remove a maior

parte dos gases da combustão e o ciclo é reiniciado quando o pistão chega ao ponto morto superior” (Dias, 2009).

De acordo com os resultados obtidos por Silveira (2011), o ciclo Diesel é praticamente o mesmo processo com algumas modificações, assim como as máquinas do tipo Diesel diferem das máquinas do tipo Otto por, no 1º tempo, admitirem apenas ar. Nessa etapa da admissão, ao abrir a válvula não será injetada uma mistura ar/combustível como no ciclo Otto, é admitido somente o ar puro. Segundo Silveira (2011) “O ar é então comprimido durante o 2º tempo e, como neste processo ainda não há combustível, é possível se atingir uma taxa de compressão (razão entre o máximo volume admitido pelo volume mínimo no início da admissão) mais elevada”. Nessa fase ao atingir o ponto máximo de compressão, a temperatura e pressão é mais elevada em relação ao ciclo Otto devido não ter o acréscimo de combustível. A última diferença está na ignição, no ciclo Diesel se criou o mecanismo de injeção de combustível (óleo diesel) direto na câmara, quando o ar está no ponto máximo comprimido e extremamente quente, “[...] no início do 3º tempo, o ar está maximamente comprimido e à alta temperatura (de 600 a 750K), uma bomba injetora (posicionada no lugar da vela de ignição) vaporiza combustível (usualmente óleo diesel) para dentro do cilindro, ocorrendo a combustão” (Silveira, 2011). Instantaneamente o óleo se incendeia ao ser injetado sem precisar de vela.

2.2.14 Potência, Torque e Cilindrada do Motor

A energia capaz de movimentar o motor é chamada de torque. O torque é capaz de gerar a força motriz (movimento giratório) do motor, tirando dessa forma o automóvel da inércia. De acordo com a apostila de motores a combustão interna (2013) “O torque é definido como o produto da força atuante (pressão exercida sobre a área da cabeça do pistão) pela distância perpendicular do eixo à direção dessa mesma força”. Na equação abaixo, verificamos que sem o torque, o veículo não se desloca, sendo assim quanto mais pesado for o veículo, maior terá que ser o torque realizado para que o veículo se locomova.

$$T = F \cdot d$$

Onde: T é o torque, expresso em Newton por metro (N . m) no sistema internacional; F é a intensidade da força atuante em N; d é a distância perpendicular em metros.

Pode-se dizer desta forma, que o torque é o poder de arranque do motor, porém a quantidade de trabalho necessária por unidade de tempo fornecida é chamada de potência. A potência é responsável pelo trabalho gasto para alcançar uma velocidade determinada em um determinado período de tempo, sendo calculada da seguinte forma:

$$W = \frac{F \cdot d}{t}$$

No sistema internacional, a potência W é expressa em Watts, a força em Joule (J), a distância d em metros e o tempo t em segundos (s).

Por fim, temos a cilindrada, que é de grande importância na comparação de marcas e modelos de veículos. A cilindrada nada mais do que o volume da mistura combustível/ ar que o motor é capaz de queimar a cada movimento do pistão. Sendo descrito da seguinte forma:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot h \cdot n}{4}$$

Onde: V é a cilindrada, expressa normalmente em cm^3 , litros (L) ou pol^3 ; D é o diâmetro do pistão, em cm ou pol; h é o curso do pistão do Ponto morto inferior ao ponto morto superior em cm ou pol; n é o número de cilindros.

Pode-se anotar ao longo de toda a revisão bibliográfica que os principais componentes para o bom desempenho do motor do ciclo Otto são: o cabeçote, as válvulas, o bloco para dar a estrutura principal, os cilindros, o virabrequim, o pistão, os anéis de segmento, as bielas, o volante, o casaquinho finalizando com o cárter.

3 CONCLUSÃO

Esse artigo tem como principal objetivo descrever todos os componentes que modelam o sistema de um motor a quatro tempos e o processo de funcionamento do motor movido a combustão interna. Através da discussão realizada, foi abordando o conteúdo de maneira simples e objetiva para compreender com clareza como é gerada a energia capaz de locomover o automóvel. Ao observar os resultados da discussão do artigo da forma como foi montada a estrutura do motor e a função principal de seus componentes, sendo descrito os ciclos movidos a quatro tempos, Otto e Diesel e suas diferenças existentes, e assim também realizada a explicação de alguns cálculos essenciais sobre a eficiência deste conjunto mecânico.

Os resultados apresentados pelos autores citados concluem que o ciclo Otto tem um ganho maior no ganho de energia quando comparado com o ciclo Diesel.

Esse estudo pode despertar o interesse de mais estudantes que buscam conhecimento mais aprofundado sobre motores a quatro tempo. Motores de combustão interna pode também servir de atração para área de máquinas térmicas sendo de grande importância para a engenharia mecânica. Para motivações futuras, pode-se abordar a evolução de motores híbridos e elétricos.

REFERENCIAS

MILHOR, C. E. (2002). **Sistema de desenvolvimento para controle eletrônico dos motores de combustão interna ciclo Otto**. São Carlos. 72p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Canal da peça. **Compra e venda de peças**. 2010. Disponível em: <https://www.canaldapeca.com.br/p/4681266/valvula-de-admissao-riosulense-542510081-unitario?veiculo=carro&montadora>. Acesso em: 20 set. 2022.

DIAS, Jorge Luiz Gomes. **Ciclo Otto: aplicação teórica e utilidade prática**. Mestrado Profissional em Ensino de Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: semanaacademica.org.br/system/files/artigos/cicloottoartigofinal.pdf. Acesso em: 06 set. 2022.

TILLMANN, Carlos Antonio da Costa. **Motores de combustão interna e seus sistemas**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2013. Disponível em: <https://conaenge.com.br/wp-content/uploads/2018/05/motores-combustao-interna-e-seus-sistemas-2013.pdf>. Acesso em: 06 Mar. 2022.

MELLIS, Fernando. **Ainda Sobre Motores de Combustão Interna do Ciclo Otto**. Informática, política e outros assuntos, 2019. Disponível em: fernandomelis.blogspot.com/2019/08/ainda-sobre-motores-de-combustao.html?sref=pi. Acesso em: 10 out. 2022.

SILVEIRA, Fernando Lang. **Máquinas térmicas à combustão interna de Otto e de Diesel**. Instituto de Física da UFRGS, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/maqterm.pdf>. Acesso em: 06 Abr. 2022.

VARELA, Carlos Alberto Alves. **Constituição dos motores**. Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro IT – Departamento de Engenharia, 2015. Disponível em: [http://ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154 motores e tratores/Aulas/co nstituicao dos motores.pdf](http://ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154%20motores%20e%20tratores/Aulas/co%20nstituicao%20dos%20motores.pdf). Acesso em: 12 Set. 2022.

SILVA, Jonathan. **Como é o funcionamento de combustão interna.** Óleo Diesel para geradores, 2017. Disponível em: <http://www.oleodieselparageradores.com.br/como-e-o-funcionamento-de-combustao-interna/>. Acesso em: 02 Mar. 2022.

SCHULZ, Daniel. **Motores de combustão interna.** Programa de Mestrado Profissional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/combustao_interna.htm. Acesso em: 18 Mar. 2022.