

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ – FAG
WELLITON MELEK ALVES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DO AUMENTO DA RAZÃO DE COMPRESSÃO EM MOTOR FLEXÍVEL,
VISANDO A MELHORIA DE DESEMPENHO**

CASCADEL – PR

2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ – FAG
WELLITON MELEK ALVES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DO AUMENTO DA RAZÃO DE COMPRESSÃO EM MOTOR FLEXÍVEL,
VISANDO A MELHORIA DE DESEMPENHO**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz - FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Eliseu Avelino Zanella Junior

CASCABEL – PR

2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ - FAG

WELLITON MELEK ALVES DE OLIVEIRA

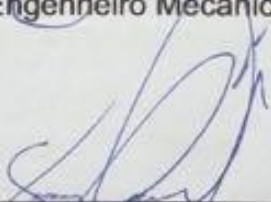
**ANÁLISE DO AUMENTO DA RAZÃO DE COMPRESSÃO EM MOTOR FLEXÍVEL,
VISANDO A MELHORIA DO DESEMPENHO**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor Me. Eng. Mec. Eliseu Avelino Zanella Junior.

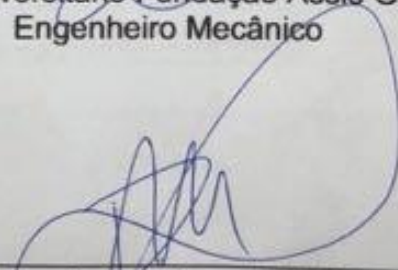
BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof. Mestre Eliseu Avelino Zanella Junior
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico



Professor Mestre Sergio Henrique Rodrigues Mota
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico



Professor Especialista Rogerio Luiz Ludegero
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico

Cascavel, 18 de Junho de 2018.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, pelo apoio, amor e compreensão, fontes da minha motivação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que permitiu que superasse minhas dificuldades e alcançasse meus objetivos.

O professor e orientador Eliseu Avelino Zanella Junior, pela dedicação, compreensão, críticas e elogios, os quais foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha família, pelo amor e compreensão, além do incentivo à minha formação acadêmica e profissional.

A minha namorada que teve paciência, e soube compreender meus momentos de estresse, estando ao meu lado me acalmando e me incentivado.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

OBRIGADO.

RESUMO

Os automóveis flexíveis vêm conquistando espaço no mercado interno, devido a opção de escolha em qual combustível abastecer. Os carros que tem a utilidade flex são os mais cotados nos últimos anos, pois com o aumento do valor do combustível muitos procuraram menor custo e maior efeito em seus carros. Assim os estudos realizados através dos ensaios demonstram o real consumo em um automóvel utilitário sobre os combustíveis que possuem melhores bandeiras no Brasil. Os ensaios foram realizados em um equipamento dinamômetro que possuem melhor precisão quando referimos a consumo e custo, onde para isso foram necessárias três horas de teste para a verificação de nove combustíveis, sendo gasolina aditivada, gasolina comum e o etanol das marcas Ipiranga, Petrobrás e Shell, que foram ensaiados a uma quilometragem de 6 quilômetros de distância, para averiguar o consumo e o custo de cada combustível testado.

PALAVRAS CHAVES: Rendimento. Custo benefício. Veículos.

ABSTRACT

The flexible automobiles come conquering space in the domestic market, had the option of choice in which fuel to supply. The cars that the utility has flex are quoted in recent years, therefore with the increase of the value of the fuel many had looked to minor cost and greater income in its vehicles. Thus the studies carried through through the assays demonstrate the real consumption in a utilitarian vehicle on the fuels that possess better flags in Brazil. The assays had been carried through in an equipment dynamometer that possess precision more good when we relate to the consumption and cost, where stop this had been necessary three hours of test for the verification of nine fuels, being aditivada gasoline, common gasoline and etanol of the marks Ipiranga, Petrobra's and Shell, that had been assayed to a 6 kilometrage of distance kilometers, to inquire the consumption and the cost of each tested fuel.

WORDS KEYS: Income. Cost benefit. Vehicles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Partes de um motor de combustão interna.	20
Figura 2 - Funcionamento de um motor 4 tempos.	21
Figura 3 - Cilindros com o pistão no PMS a esquerda e no PMI a direita.	22
Figura 4 - Influência da razão de compressão na PME e na eficiência efetiva do motor.....	23
Figura 5 - Efeito do avanço de ignição no torque com a rotação constante e plena carga.	24
Figura 6 - Recipientes com combustíveis para realização dos ensaios.	33
Figura 7 - Bomba externa dentro do recipiente externo.	34
Figura 8 - Automóvel no equipamento de ensaio.....	35
Figura 9 - Proveta e termômetro a laser.	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Temperatura ambiente dos combustíveis.	38
Quadro 2 - Temperatura dos combustíveis após os ensaios.	39
Quadro 3 – Quantidade de combustível consumida de acordo com a marca.	40
Quadro 4 - Estudo de custo benefício dos combustíveis.	42

LISTA DE GRAFÍCOS

Gráfico 1 - Temperatura dos combustíveis de antes e após ensaios.....	39
Gráfico 2 - Consumo de combustível de acordo com a marca e tipo de combustível.....	41

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Razão de compressão.....	22
Equação 2 – Equação de quantidade de ar na gasolina	27
Equação 3 – Equação de quantidade etanol na gasolina	27
Equação 4 – Combustão do etanol	28
Equação 5 – Equação da mistura do combustível com o ar do ambiente.....	28
Equação 6 – Equação de quantidade de ar no etanol.....	28

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

PMS	Ponto morto superior;
PMI	. Ponto morto inferior;
VC	Volume do cilindro;
VD	Volume deslocado;
SI	Sport Injection (Injeção esportiva);
MBT	Minimum for best torque (Mínimo para melhorar o torque);
UCE	Unidade de comando eletrônico;
ML	Mililitro;
Km/h	Quilometro por hora;
Km	Kilometro;
RPM	Rotação por minuto;
°C	Grau celsius;
EUA	Estados Unidos da América;
PME	Pressão média efetiva;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 OBJETIVO	16
1.1.1 Objetivo Geral	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
1.2 JUSTIFICATIVA	17
1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	18
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	19
2.2 RAZÃO DE COMPRESSÃO E NÚMERO DE OCTANOS.....	22
2.3 COMBUSTÃO E DETONAÇÃO NOS MOTORES.....	23
2.4 EFICIÊNCIA VOLUMÉTRICA	25
2.5 COMBUSTÍVEIS	26
2.5.1 Gasolina	26
2.5.2 Álcool Etílico.....	28
2.6 SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA NO MOTOR.....	29
2.7 OS MOTORES FLEXÍVEIS NO BRASIL	30
3 METODOLOGIA.....	32
3.1 TIPO DE ESTUDO E LOCAL DO ENSAIO	32
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	32
3.2.1 Caracterização dos materiais	33
3.2.2 Gasolina comum, gasolina aditivada e etanol.....	33
3.3 ENSAIOS REALIZADOS	34
3.4 ESTUDOS DE CUSTOS DO CONSUMO DOS COMBUSTÍVEL.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
4.1 TEMPERATURAS DOS COMBUSTÍVEIS ANTES E DEPOIS DOS ENSAIOS	38
4.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS NO DINAMÔMETRO	40
4.3 COMPARATIVO DE CUSTOS	41
5 CONCLUSÃO.....	43
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

APÊNDICE A – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DAS MEDIDAS ANTES DA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS DE CADA COMBUSTIVEL UTILIZADO.	47
APÊNDICE B – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DAS MEDIDAS APÓS A REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS DE CADA COMBUSTIVEL UTILIZADO.	50

1 INTRODUÇÃO

Segundo Rodrigues Filho (2014), os motores de combustão interna são equipamentos que aplicam a combustão para a conversão de energia química obtida em um combustível em energia mecânica. Por sua naturalidade, energia e ressaltada razão de potência/peso, esta máquina térmica é responsável por fornecer uma grande porção de geração de energia necessária do nosso dia a dia da nossa população. Este motor tem sido aproveitado de forma global e intensa como motores automotivos, aeronáuticos, de embarcações, trens e também como geradores de potência industrial e rural para diversas aplicações.

Na atualidade, o uso de combustíveis alternativos em veículos são umas das peças mais discutidas quando se referem a automóveis. A gasolina é um dos primeiros combustíveis a serem utilizados em veículos no Brasil e no mundo.

Os combustíveis alternativos são desenvolvidos e estimados com sugestão de substituir a gasolina. Além da gasolina os álcoois são outros combustíveis mais usados no Brasil, sendo ele um dos mais regulares no país, que desde a década de 70 é oferecida como opção. Alguns países são utilizados o uso de metanol ou etanol acrescentado a gasolina com a função de ser antidetonante e a amenizar a demanda do petróleo (NOVACANA, 2017).

Veículos flex são desenvolvidos e equipados em um motor de combustão interna a quatro tempo (Ciclo Otto) onde tem o intuito de ser abastecido com mais de um tipo de combustível, onde é realizado a mistura no mesmo tanque e queimado na câmara de combustão e funcionamento.

O motor de combustível flexível mais comum utilizado no mercado mundial é o etanol como o secundário combustível no automóvel. Para detectar a mistura do combustível no motor é usado um sensor que ajusta a injeção conforme a mistura. Assim é utilizado tanto o álcool quanto a gasolina, ou a mistura dos dois em qualquer circunstância. No Brasil o ajuste da injeção é constituído por um software automotivo aperfeiçoado pelos próprios engenheiros brasileiros (BEST CARS, 2013).

O álcool utilizado no Brasil, é também conhecido com etanol hidratado ou álcool etílico hidratado, onde é extraído da cana de açúcar e é constituído de 94% de etanol e 6 % de água.

Em 2003, a Volkswagen lançou no Brasil o primeiro automóvel com o motor flexível bicomcombustível. Este veículo é capaz de funcionar com a gasolina brasileira (adicionada com álcool etílico) pura, com álcool etílico hidratado puro ou com a mistura destes dois combustíveis em qualquer proporção (GLOBO, 2015).

A elevação da razão de compressão de um motor altera várias características em seu funcionamento. A princípio, teoricamente, a sua eficiência térmica aumenta, porém, deve-se considerar também o combustível que está sendo usado para se aproveitar melhor a energia que pode ser fornecida ao motor. O número de octanos do combustível, que é a sua capacidade de resistir à autoignição, limita a razão de compressão do motor. O número de octanos é uma das mais importantes propriedades de um combustível. Com um baixo número de octanos, ele queimará explosivamente e não progressivamente, podendo causar superaquecimento e severos danos ao motor devido ao surgimento de gradientes bruscos de pressão dentro dos cilindros (GARRET, 1991).

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho foi avaliar um motor de combustão interna ciclo Otto analisando diferentes tipos de combustíveis, visando a melhoria de desempenho.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Medir o desempenho do motor flexível com a utilização dos combustíveis de três marcas e dos três tipos existente, sendo eles, gasolina aditivada, gasolina comum e etanol;
- Averiguar o consumo de cada combustível através de testes em um dinamômetro.
- Desenvolver uma análise graficamente do consumo e dos custos de cada combustível.

1.2 JUSTIFICATIVA

Motores flexíveis deram seus primeiros passos de pesquisa e desenvolvimento realizados no EUA, em países da Europa e no Japão com o objetivo de resolver a falta de infraestrutura de reabastecimento e dificuldade sobre expandir o uso do combustível. Esta tecnologia usada no EUA se identifica no reconhecimento do combustível por meio de sensores que determinam o teor do álcool etílico anidro na gasolina. Entretanto, a tecnologia apresentada no Brasil resultou em uma concepção superior a desenvolvida no EUA, pois, não utiliza novos sensores externos para identificar o combustível. Os fatores que determinam a mistura são a eficiência e a qualidade do combustível. Com estas informações determinadas da sonda lambda, desenvolve uma adaptação automática do sistema as novas condições de funcionamento. (NOTÍCIAS DA OFICINA, 2003).

De acordo com o site Hyper Motor (2010) nos dias de hoje, somente são fabricados automóveis e veículos comerciais leves para serem utilizados com motor flex de etanol. Em 2008 já circulava no mundo quase 13 milhões de veículos flex usando etanol e como combustível, principalmente nos Estados Unidos (6,8 milhões), no Brasil (6 milhões), e na Europa liderada pela Suécia (116 mil).

A tecnologia do motor flexível seria perfeitamente adequada para motores de razão de compressão variável, pois neste caso, cada um dos combustíveis seria utilizado com a sua razão de compressão adequada. No entanto, o motor com a razão de compressão variável não é, atualmente, economicamente viável, impossibilitando a sua aplicação para veículos comerciais. A razão de compressão é uma característica criadora do motor que tem grande influência em sua eficiência térmica, sendo determinada como era o quociente entre os volumes do motor quando o pistão está no PMS, ponto morto elevado, e no PMI, ponto morto inferior.

Uma forma de alterar as temperaturas e pressões ao final da combustão, obtendo-se o mesmo efeito da variação da razão de compressão, é aumentar a pressão de entrada do fluido de trabalho, através de um sobre alimentador, como um turbo compressor. Dessa forma, um turbo compressor controlado eletronicamente permitiria otimizar o seu desempenho para cada combustível ou mistura utilizadas (AMORIN *et al*, 2005).

Este trabalho visou analisar o comportamento da gasolina, do álcool etílico com o aumento da razão de compressão, que permita obter parâmetros de referência que possibilitem a otimização de um motor flexível.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

É possível verificar o consumo de um automóvel de motor flexível utilizando os combustíveis álcool etílico, gasolina comum e gasolina aditivada através de ensaios em um dinamômetro?

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Neste trabalho foram realizadas pesquisas e análises em um motor flexível, visando consumo e o custo tanto com o álcool quanto a gasolina desenvolvida no automóvel.

Para os ensaios foi utilizado um veículo da marca Volkswagen, ano 2016, modelo UP TAKE 1.0, motor flex, com transmissão manual de 5 velocidades e o equipamento dinamômetro.

Por tanto, os ensaios focaram no consumo e o custo com a utilização de cada combustível ensaiado no veículo, onde os combustíveis utilizados foram gasolina comum, gasolina aditivada e etanol, das marcas Ipiranga, Petrobras e Shell.

Limitando o processo de análise dos combustíveis consumidos no automóvel a uma distância de 6 km por cada ensaio realizado, buscando obter qual o melhor combustível utilizado no motor e a melhor economia no valor de cada combustível utilizado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Motor é um equipamento que converte uma energia em outra. Um motor térmico é um equipamento que transforma energia química de um combustível para energia mecânica. (GANESAN, 1995).

Nos motores de combustão interna são máquinas que convertem energia química em energia térmica com objetivo de uma mistura ignescente de ar e combustível e parte dessa energia é a transformação em energia mecânica. (BASSHUYSEN e SHÄFER, 2002).

O intuito de um motor de combustão interna é produzir força mecânica vinda de uma energia química que contém no combustível. Esta energia ocorre no motor de combustão interna devido a energia liberar queima do combustível dentro do motor. (HEYWOOD, 1988).

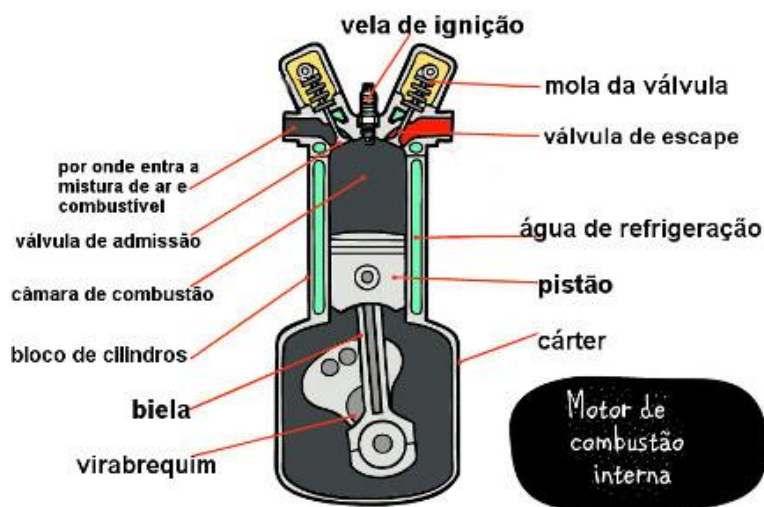
No século XIX, várias pesquisas aconteceram para o desenvolvimento de motores de combustão interna. Os principais motores de ignição por centelha de quatro tempos são creditados a Nicholas A. O primeiro protótipo foi construído em 1886 por Otto. Rudolf Diesel em 1892 aprimorou seu modelo de motor de ignição por compressão nos moldes usado e existente até o dia de hoje. (PULKRABEK, 1997).

O mecanismo composto por pistão, biela e virabrequim é o que converte a energia térmica (calorífica) em energia mecânica.

Os Termos combustão é explosão e utilizado no nome desse motor pelo princípio de funcionar e se basear aproveitando a energia liberada na reação de combustão de uma mistura de ar e combustível ocorrida dentro do cilindro do automóvel. Este tipo de motor é também chamado de motor quatro tempos pelo motivo de ocorrer em quatro estágios ou tempo diferente.

Para melhor entendimento sobre esses estágios de funcionamento do motor de combustão interna é importante a compreensão de como funciona para usar gasolinas de qualidade com alto índice de octanagem. Na Figura 1, repara-se quais os principais nomes das partes do motor:

Figura 1 – Partes de um motor de combustão interna.

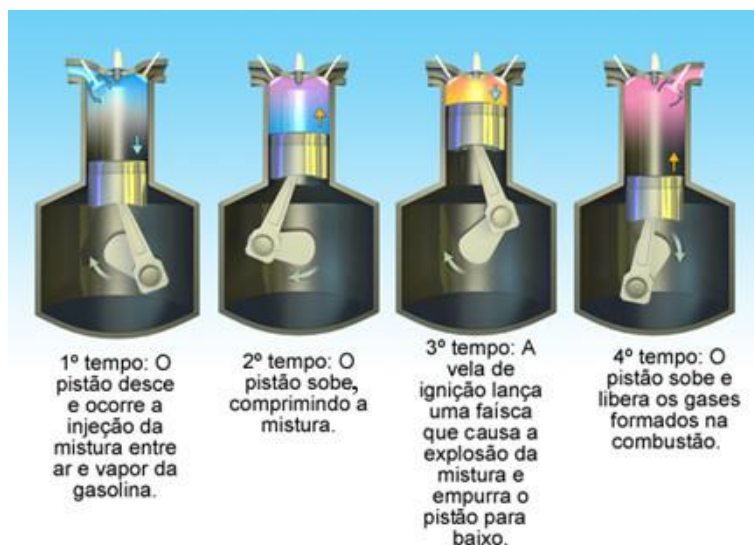


Fonte: Mundo da educação (2017).

Para funcionamento do motor de um carro temos os 4 tempos de como ocorre em cada tempo (Figura 2). Que são eles:

- a) 1º tempo: Admissão - No início, o pistão está em cima, sendo chamado de ponto morto superior. Este primeiro estágio, a válvula de admissão abre e o pistão desce, onde é puxado pelo eixo virabrequim. Uma mistura entre dois componentes sendo o ar e vapor de gasolina entra sobre a válvula para ser aspirada para dentro da câmara de combustão, onde está em baixa pressão. O pistão atinge o ponto morto inferior e a válvula de admissão fecha, finalizando o primeiro tempo do motor;
- b) 2º tempo: Compressão - O pistão sobe comprimindo a mistura do ar e do vapor de gasolina. O tempo de compressão fecha no momento que o pistão sobe totalmente;
- c) 3º tempo: Explosão ou combustão - Para iniciar a combustão da mistura combustível que está comprimida, solta-se uma descarga elétrica sobre dois pontos da vela de ignição. Esta faísca da vela detona a mistura e empurra o pistão para baixo, de modo que ele atinja o ponto morto inferior;
- d) 4º tempo: Escape - A mistura de ar e combustível foi queimada, mas ficaram alguns resíduos dessa combustão que precisam ser retirados de dentro do motor. Isso é feito quando o pistão sobe, a válvula de escape abre, e os gases residuais são expulsos (MUNDO EDUCAÇÃO, 2017).

Figura 2 - Funcionamento de um motor 4 tempos.



Fonte: Mundo da educação (2017).

Esse processo inicia-se novamente, e os quatro tempos ocorrem de modo sucessivo. Os pistões (carros de passeio costumam ter de quatro a seis pistões), que ficam subindo e descendo, movem um eixo de manivela, chamado virabrequim, que está ligado às rodas por motores, fazendo-as girar e, conseqüentemente, o carro andar (CARLOSFM, 2009).

Uma analogia que pode ajudar no entendimento desse processo é pensar em como fazemos uma bicicleta movimentar-se. Fazemos com as pernas movimentos de sobe e desce, assim como os pistões do carro. As manivelas presas aos pedais da bicicleta estão conectadas à corrente, que se movimenta e faz as rodas girarem. Algo parecido ocorre no carro: o movimento de cima para baixo dos pistões gira o virabrequim, que leva a energia mecânica até o sistema de transmissão, que, por sua vez, distribui essa energia para as rodas.

Essa demonstração de energia química (da reação química de combustão) é transformada em energia mecânica, que, por sua vez, faz as rodas do carro movimentarem-se. A energia que faz o combustível explodir vem da bateria do automóvel. Essa corrente elétrica é amplificada pela bobina, e um distribuidor faz a sua divisão entre as velas em cada cilindro.

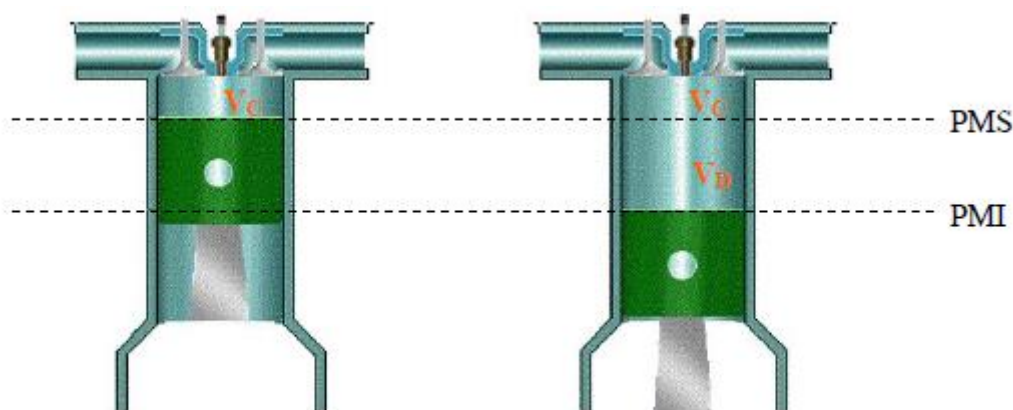
Além disso, a combustão é uma reação exotérmica, liberando grande quantidade de calor. Assim, é preciso que o radiador use água para resfriar o motor e garantir que ele continue funcionando (MUNDO EDUCAÇÃO, 2017).

Observe que, no 2º tempo, se a gasolina for de baixa qualidade, os seus componentes não aguentarão tamanha pressão e poderão estourar antes da hora, antes da faísca soltar da vela, que é o que acontece no próximo estágio. Isso resulta em um menor desempenho do motor, que começa a bater pino, pois a explosão ocorre de forma tumultuada.

2.2 RAZÃO DE COMPRESSÃO E NÚMERO DE OCTANOS.

A razão de compressão é uma característica criadora do motor que tem grande influência em sua eficiência térmica, sendo determinada como era o quociente entre os volumes do motor quando o pistão está no PMS, ponto morto elevado, e no PMI, ponto morto inferior. Conforme a Figura 3, o volume do cilindro quando o pistão está no PMS é o volume da câmara de combustão, V_c , e o volume quando o pistão está no PMI é o volume da câmara de combustão mais o volume deslocado, V_D . O volume deslocado é o volume que o pistão varre quando o pistão desloca do PMI para o PMS ou inversamente (PULKRABEK, 1997).

Figura 3 - Cilindros com o pistão no PMS a esquerda e no PMI a direita.



Fonte: Pulkrabek (1997).

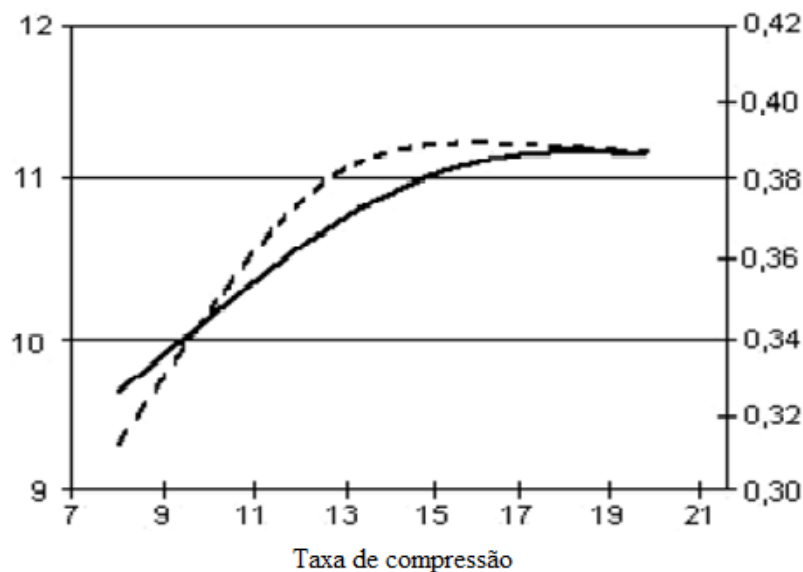
A razão de compressão pode ser resolvida pela equação 1.

$$TC = \frac{(Cilindrada do motor + Volume da Câmara de combustão)}{Volume da Câmara de combustão} \quad (1)$$

A Figura 4 demonstra a influência da razão de compressão na eficiência efetiva e na pressão média efetiva em um motor SI a plena carga. O avanço foi calibrado para o torque máximo. A eficiência cresce até a razão de compressão de 17:1 e depois começa a baixar devido ao aumento das forças de fricção (BASSHUYSEN e SCHÄFFER, 2004).

Entretanto, o aumento da razão de compressão há o aumento da emissão de óxidos nitrosos e hidrocarbonetos (BASSHUYSEN e SCHÄFFER, 2004).

Figura 4 - Influência da razão de compressão na PME e na eficiência efetiva do motor.



Fonte: Basshuysen e Schäffer (2004).

A numeração de octanos, ou octanagem, significa uma medida prática da resistência de um combustível à explosão (HEYWOOD, 1995). Este número de octanos de um combustível é a propriedade que descreve como o combustível decorre em relação à autoignição.

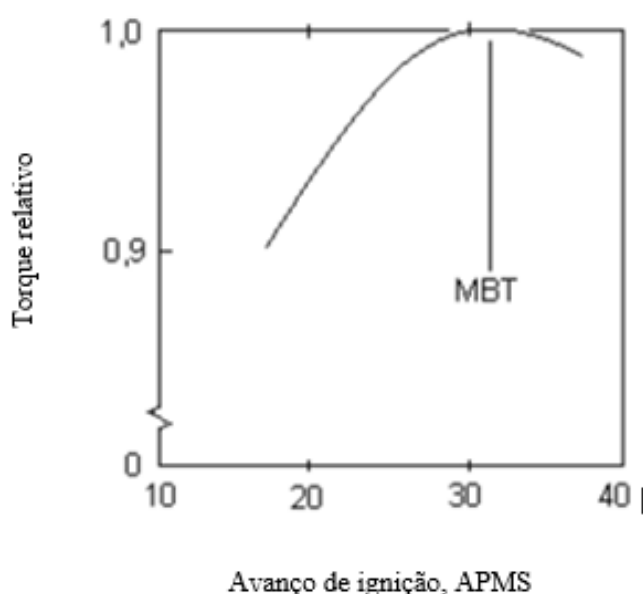
Para se obter um bom resultado, é realizado alguns cálculos através de meios práticos que relacionam a mistura de n-heptano, considerando com o número de octanos igual a zero, e isoctano sendo que considerando os seus números iguais a 100 (PULKRABEK, 1997).

2.3 COMBUSTÃO E DETONAÇÃO NOS MOTORES

Um motor de combustão interna normal, sua chama é iniciada pela centelha e cruza sua câmara de combustão de um modo uniforme. O tempo de duração em um motor de combustão é infinita, o processo da combustão inicia antes que o pistão atinja o PMS no fim da compressão, assim a razão do aumento de pressão é agrupada com a combustão anterior a do PMS e um aumento no trabalho de compressão. Um elevado avanço de ignição causa este efeito, onde aumentando as pressões dentro do cilindro e no trabalho de ciclo de expansão. Se a progressão de ignição for muito alta, a pressão máxima acontecerá bem antes do pistão alcançar o PMS, assim seu trabalho compressão será excessivo. Outro meio, o avanço de ignição for muito atrasado, sua pressão máxima será demorada, diminuindo trabalho de

expansão, diversas vezes, crescendo em exagero a temperatura dos gases na descarga. Evidentemente haverá um avanço de ignição que exibe uma melhor relação entre os dois trabalhos, desenvolvendo um maior torque para um determinado regime de efeito no motor. Seu avanço é conhecido pela abreviação MBT, do inglês “*minimum for best torque*” ou “*maximum break torque*”. A Figura 5 demonstra a atuação do torque em relação ao avanço de ignição. Ignição atrasada ou adiantada em relação ao MBT causa perda em seu desempenho. (STONE, 1993 e HEYWOOD, 1995).

Figura 5 - Efeito do avanço de ignição no torque com a rotação constante e plena carga.



Fonte: Stone (1993) e Heywood (1995).

Na queima, a liberação de calor ocorre um aumento de temperatura e pressão da parte dentro do cilindro. Equilibrando a pressão, o local queimado e mistura aumenta e comprime a parte não-queimada, assim eleva a sua temperatura. O procedimento ocorrerá no final da combustão, assim elevando gradativamente a pressão e a temperatura da mistura não-queimada (GANESAN, 1995). Enquanto a temperatura da mistura não-queimada excede a temperatura de autoignição do combustível, outra ignição espontânea começa na região de mistura não queimada. Se a reação for rapidamente necessária, tendo uma quantidade de mistura muito excessiva, esta ignição causa uma elevada pressão local, provocando a criação de ondas de pressão e o choque dessas mesmas com as paredes do cilindro e com a frente das chamas. Este fato dá o nome de detonação (TAYLOR, 1968).

Outros parâmetros no trabalho e na operação de um motor que tendem a reduzir a temperatura da mistura não queimada podendo diminuir a possibilidade de acontecer a

detonação. Alguns procedimentos de parâmetros são descritos abaixo.

Razão de compressão: Elemento importante onde determina a temperatura e pressão no começo e final da combustão. Um acréscimo na razão de compressão aumenta a pressão e a temperatura dos gases no final da compressão, o que pode provocar o surgimento da detonação. O aumento de tender a detonação do motor com a razão de compressão é o principal motivo de restringir a valores pré-estabelecidos para os combustíveis.

Quantidade de mistura ou combustíveis admitidos: Reduzindo a massa admitida no interior do cilindro abrindo a borboleta ou pela redução na sobre alimentação reduz a temperatura e a densidade da carga no momento da ignição, diminuindo a possibilidade de causar detonação.

Temperatura da parede da câmara de combustão: Essa temperatura da parede da câmara de combustão tem a função de detonação. Onde pontos quentes na parede da câmara fornecem a autoignição.

Atraso da ignição: O retardamento na centelha tem com que o inicio da ignição desenvolva mais próximo do PMS, faz com que suas pressões máximas aconteçam mais tarde na expansão, diminuindo a sua intensidade. Assim comprimi a detonação, e também diminui o torque, onde o tempo que ocorre a ignição se distancia do MBT (GANESAN, 1995).

2.4 EFICIÊNCIA VOLUMÉTRICA

Eficiência volumétrica significa medida da eficiência do sistema de bombeamento do ar. Isso se define como sendo a massa de mistura fresca que passa pelo cilindro, num curso de aspiração, onde é dividida pela massa desta mistura que enche o espaço correspondente ao movimento do pistão, em densidade de admissão (Taylor, 1968). Eficiência volumétrica é um padrão dos mais usados como característica de controle em um motor de combustão interna de quatro tempos. Deseja-se que se tenha o máximo de eficiência volumétrica no motor, onde a quantidade de combustível que poderá ser queimada no motor é a potência produzida para um certo deslocamento que são maximizadas (Ferguson, 1986). Vários fatores podem influenciar na eficiência volumétrica, entre eles a velocidade do pistão, as pressões de admissão e exaustão, taxa de compressão do motor, transferência de calor, geometria do sistema de admissão e a exaustão, e variáveis de operação do motor (Heywood, 1988).

Conforme Silva (2004), a disposição do coletor de admissão pode influenciar forte no desempenho da eficiência volumétrica, e por efeito, o motor. O entendimento de alguns

parâmetros que não são disponíveis comumente nas condições habituais de operação do motor é preciso para os modelos físicos da eficiência volumétrica. Segundo Ferguson (1986) demonstra modelos de simular computacional no FORTRAN que desenvolve o cálculo as perdas de calor no motor, e as características termodinâmicas dos gases de combustão, onde ocorre o enchimento e esvaziamento do cilindro, o que ajuda a calcular a eficiência volumétrica em um motor de quatro tempo.

2.5 COMBUSTÍVEIS

Os combustíveis que são mais utilizados nos veículos passeio é a gasolina. O óleo diesel é o segundo mais usado, sendo os dois combustíveis derivados do petróleo. Os combustíveis alternativos que são derivados do petróleo, temos os álcoois, onde são o etanol e o metanol, gás natural, hidrogênio e o biodiesel. Cada combustível tem suas próprias características físicas e químicas, onde seus métodos de obtenção e os níveis de emissão de poluentes diretos e indiretos que os fazem uma melhor alternativa para diferentes situações. Estes combustíveis alternativos, que expõe o uso mais comum e espalhado no Brasil e no mundo são o etanol, ou álcool etílico, e o gás natural.

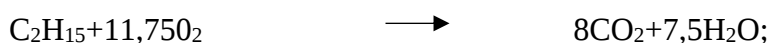
2.5.1 Gasolina

O combustível mais utilizado em motores SI é a gasolina, que são várias misturas de hidrocarbonetos e é extraído do petróleo. Este petróleo é obtido quase inteiro de carbono e hidrogênio com alguns outros componentes químicos, que variam de 83 % a 87% de carbono e de 11% a 14% de hidrogênio em conteúdo mássico. Carbono e o hidrogênio convencionam várias formas e desenvolvem muitos tipos de hidrocarbonetos diversos. (PULKRABEK, 1997).

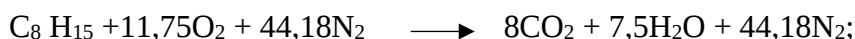
O petróleo é extraído dos poços e é separado em muitos produtos por destilação usufruindo de processos térmicos e catalíticos. A maior ou menor produção para cada derivado é estabelecido pela exigência do mercado consumidor. Com a utilização de muitos veículos automotivos ocorreu um grande aumento na produção da gasolina. Isto aperfeiçoou as técnicas de refino. (SILVA, E.R. e SILVA, R.R.H, 1997).

Aproximando a gasolina com o hidrocarboneto é o combustível que possui apenas um único componente, onde a sua estrutura molecular seria C_8H_{18} tendo um peso molecular igual a 114. Podemos fazer também uma aproximação da gasolina com o hidrocarboneto real isooctano C_8H_{18} sendo o componente real que mais aproxima as especificações estruturais e termodinâmicas e ser o componente químico mais volumoso na composição química. Alguns componentes químicos do isooctano tem características diferentes, onde temos por exemplo, o número de octanos, que na gasolina tem cerca de 90 e no isooctano de 100, e a relação ar mais combustível que para a gasolina é próximo de 14,6 e no isooctano é 15,1. Para uma melhor aproximação e métodos de números de octanos e relação de ar mais combustível são feitas com C_8H_{18} (PULKRABEK, 1997).

A gasolina tem uma combustão que considera os componentes fornecidos abaixo:



A queima no motor é desenvolvida através de uma mistura entre o combustível e o ar ambiente, considerando que o ar é mistura de gases. Simplificando os cálculos da equação de equilíbrio, o ar que não é oxigênio é considerado sendo nitrogênio, que para cada mol de oxigênio tem 3,76 moles de nitrogênio. Assim é apresentado uma nova equação como: (PULKRABEK, 1995):



Para cada massa molecular do ar, M_{ar} , é de 29kg/mol, e a gasolina, $M_{gás}$, em 114kg/mol, tem-se na equação 2.

$$AF_{gas} = \frac{m_a}{m_c} = \frac{N_{ar} \cdot M_{ar}}{N_{gas} \cdot M_{gas}} = \frac{(55,93)(29)}{(1)(114)} \approx 14,6 \text{ kg}_{ar} / \text{kg}_c \quad (2)$$

Na gasolina brasileira, é adicionado 25% de álcool etílico, tendo uma razão ar mais combustível média que pode ser desenvolvida conforme a equação 3.

$$AF_{gasohol} = (0,75 \cdot AF_{gas}) + (0,25 \cdot AF_{et}) = (0,75 \cdot 14,6) + (0,25 \cdot 9,0) \approx 13,2 \text{ kg}_{ar} / \text{kg}_c \quad (3)$$

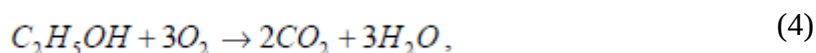
Onde é a razão ar mais combustível estequiométrica demonstrada por Pulkrabek (1997).

2.5.2 Álcool Etílico

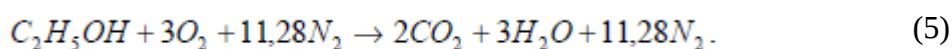
Álcool etílico é um composto químico que é da família dos álcoois contendo em sua fórmula química dois átomos de carbono e um OH, que caracteriza como álcool. Esta fórmula é C_2H_5OH . Ela pode ser desenvolvida através de vegetais ricos em açúcar, como a cana de açúcar no Brasil. O álcool combustível brasileiro é chamado de E94 por ser hidratado e ter 94% de álcool etílico e cerca de 6% de água.

A fabricação de álcool etílico da cana de açúcar e utilizada parte dos seus próprios rejeitos gerando energia para sua produção, exemplo, bagaço da cana. Para realizar a fabricação desenvolve dois métodos sendo um deles a fermentação através dos microrganismos, o açúcar que está no melaço é transformado em álcool e destilação, assim usado para dividir o álcool do mosto de fermentação. Uns dos grandes problemas na fabricação são os resíduos que são lançados em rios e lagos através da proliferação descontrolada das bactérias diminuindo rapidamente a quantidade de oxigênio dissolvida na água. Para isso a secretaria do meio ambiente faz duras restrições no projeto de destilaria e obriga o processo adequado do seu vinhoto (SILVA, E.R e SILVA, R.R.H, 1997).

A combustão do etanol pode ser descrita conforme a equação 4.



A queima no motor é desenvolvida através da mistura do combustível com o ar ambiente, sendo que o ar é a mistura de gases. Simplificando os cálculos da equação de equilíbrio, onde parte do ar que não é oxigênio é considerado como nitrogênio, tendo cada mol de oxigênio em 3,76 moles de nitrogênio. Apresentando uma nova equação (equação 5).



Considera-se que cada massa molecular do ar, M_{ar} , é de 29kg/mol, e do álcool etílico, M_{et} , em 46kg/mol (equação 6).

$$AF_{et} = \frac{m_a}{m_c} = \frac{N_{ar} \cdot M_{ar}}{N_{et} \cdot M_{et}} = \frac{(14,28)(29)}{(1)(46)} \approx 9,0 \frac{kg_{ar}}{kg_c}, \quad (6)$$

Onde é a razão apresentada por Pulkrabek (1997).

O poder calorífico no álcool etílico é inferior ao da gasolina, entretanto, a razão ar mais combustível é inferior também precisando de menos quantidade de ar para combustão completa, pois já possui oxigênio em sua composição, a mistura ar mais combustível do álcool etílico contém maior quantidade de energia disposta para a mesma massa de ar.

Pulkrabek (1997) ressalta diversas vantagens e desvantagem do uso do álcool etílico:

- a) Combustível renovável que pode ser obtido de diversas fontes, naturais ou manufaturadas;
- b) Possui alta octanagem com alta resistência a detonação. Motores que funcionam com combustíveis de alta octanagem podem funcionar mais eficientemente com razões de compressão maiores;
- c) Apresentam menores índices de emissão de poluentes que a gasolina e são combustíveis com menores teores de enxofre;
- d) Alguns motores flexíveis funcionam com gasolina, álcool etílico, ou mistura desses em qualquer proporção sem necessidade de adaptação;
- e) Baixo conteúdo energético. Isso significa que quase 1,5 vez mais combustível é necessário para gerar a mesma potência. Com a mesma eficiência térmica e motores similares, a autonomia do veículo é diminuída na mesma proporção;
- f) Álcool etílico é muito mais corrosível a cobre, bronze, alumínio, borracha e plásticos. O uso de álcool etílico deve ser levado em consideração nos projetos de automóveis porque acarreta algumas restrições na escolha dos materiais;
- g) Devido à baixa pressão de vapor e evaporação, geralmente os motores a álcool etílico apresentam dificuldade de partida com temperaturas mais baixas. Então, o veículo deve ser equipado com um sistema de partida a frio que injeta uma pequena quantidade de gasolina para facilitar o início do funcionamento;
- h) É um combustível que, por ser facilmente inflamável, apresenta algum problema no armazenamento. Também possui forte odor que causa dores de cabeça e tonteira

2.6 SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA NO MOTOR

Os primeiros sistemas de injeção de combustíveis eram completamente mecânicos e não permitiam que houvesse o controle do motor para os diversos regimes de funcionamento.

Com a introdução de regulamentos de emissões mais rigorosos, ficou claro que o grau de precisão necessário só poderia ser atingido através de controles eletrônicos de ciclo fechado.

O controle eletrônico é feito por uma unidade central eletrônica (UCE), que é o cérebro de todo o sistema. Através de um *software* instalado na UCE, o sistema de injeção e o sistema de ignição são controlados. A UCE faz a leitura dos sinais dos sensores instalados no motor e calcula qual a quantidade exata de combustível deve ser injetada e quando será a ignição da mistura no interior do cilindro.

Com o auxílio dos sensores de rotação, de pressão do ar no coletor de admissão e da abertura da válvula borboleta, a UCE consegue saber em que regime está funcionando o motor em tempo real. Assim, a UCE consulta os mapas de combustível e avanço de ignição obtidos durante a calibração, e obtém a quantidade de combustível a ser injetada e o avanço de ignição que deve ser aplicado. Já os sensores de temperatura e pressão do coletor de admissão, temperatura da água do motor e são usados para cálculos de fatores para corrigirem os mapas de combustível e avanço de ignição. Há outro tipo de sistema de controle eletrônico que usa as leituras dos sensores de rotação, temperatura do ar e pressão do ar no coletor para calcular diretamente a quantidade de ar admitida e, conseqüentemente, a quantidade de combustível que deve ser injetada.

A sonda lambda, ou sensor de oxigênio, é um dos sensores do sistema de controle. A sonda lambda detecta desvios no conteúdo de oxigênio dos gases de exaustão, indicando se a mistura está estequiométrica, rica ou pobre. Com esta informação, a UCE pode corrigir a quantidade de combustível injetada para manter a mistura estequiométrica ou com a razão ar/combustível desejada. (GARRETT, 1991).

2.7 OS MOTORES FLEXÍVEIS NO BRASIL

Apesar do conceito de motores flexíveis não ter surgido no Brasil, hoje o maior mercado para esse tipo de motor está no Brasil. O primeiro tipo de sistema flexível, desenvolvido nos Estados Unidos, faz uso de sensores para detectar o teor de metanol na gasolina. Contudo, a concepção tecnológica desenvolvida no Brasil utiliza a sonda lambda e o software da UCE para essa identificação. Entretanto, o motor flexível tem como base os motores a gasolina, porém algumas modificações mecânicas foram feitas para um melhor aproveitamento dos dois combustíveis. Os motores movidos a álcool etílico foram

desenvolvidos no Brasil, o que facilitou a adaptação dos motores flexíveis para ser usado tanto para a gasolina quanto para o álcool etílico.

Os motores flexíveis sofreram algumas alterações em relação aos motores originalmente movidos a gasolina. O eixo comando de válvulas é diferenciado, não sendo usado o original do motor a gasolina. As velas de ignição possuem grau térmico intermediário entre a gasolina e o álcool etílico. Além disso, esses motores possuem dois sistemas herdados das versões a gasolina e a álcool etílico: o sistema de acúmulo de vapores de gasolina através de filtro de carvão ativado e o sistema de partida a frio dos motores a álcool etílico.

O combustível usado no motor é identificado pela UCE para que o motor trabalhe corretamente, já que cada combustível possui características diferentes. Durante a calibração da UCE, são feitos mapas para a gasolina e para o álcool etílico e é calculada a diferença entre esses mapas. Juntamente com os mapas base elaborados durante a calibração, os mapas com as diferenças entre os combustíveis são gravados na UCE. Quando a UCE, através do desvio do sinal da sonda lambda, diagnostica que a concentração de álcool etílico na gasolina foi alterada, o software entra em funcionamento para detectar esta alteração. O sinal da sonda é lido para se identificar e calcular a nova razão ar/combustível. A proporção entre a nova razão ar/combustível e a diferença entre a razão ar/combustível estequiométrica da gasolina e do álcool etílico é determinada para ser usada nos mapas da UCE. Com isso, a UCE pode novamente injetar a quantidade de combustível ideal e dar o avanço de ignição certo para a nova mistura (NOTÍCIAS DA OFICINA, 2003).

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE ESTUDO E LOCAL DO ENSAIO

Tratou-se de uma análise em um motor de combustão interna onde foi averiguado em um motor flexível com a mistura do etanol e a gasolina. Foi verificado as possibilidades de consumo e gastos dos combustíveis em um respectivo carro.

O desenvolvimento de pesquisa foi verificado em um carro da marca Volkswagen, modelo UP TAKE 1.0, com transmissão manual de 5 velocidades, onde este trabalho faz parte do incremento de um novo conceito de motores de multicomcombustível. A escolha dos combustíveis envolveu a disponibilidade de motores para estes combustíveis e a facilidade de aquisição dos mesmos. Os combustíveis líquidos mais usados no Brasil e já utilizados em motores de combustão interna flexíveis são a gasolina e o álcool etílico, que operam em faixas de razão de compressão próximas.

Como a análise experimental envolveria mais de um combustível em um mesmo motor, a escolha por um motor multicomcombustível, que funciona com gasolina, álcool etílico ou qualquer mistura entre eles, foi imediata devido ao fato de o motor já estar totalmente preparado para ser usado pelos combustíveis líquidos.

O ensaio foi realizado na mecânica Injedielsel Power Chip e Bombas Injetoras na Rua Francisco Ignácio Fernandes, 124 – bairro Cataratas, Cascavel – PR.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Foi utilizado para o ensaio três tipos de combustíveis, sendo eles Álcool etílico, gasolina comum e gasolina aditivada, onde foram coletados em três postos de bandeiras diferentes, sendo eles da marca Petrobras, Ipiranga e Shell, onde o Álcool etílico foi o normal utilizado em todos os veículos que se obtém o uso do mesmo. A gasolina foi feita o teste com a aplicação da gasolina comum e da gasolina aditivada, onde foi visto qual dos combustíveis duram mais tempo com o motor em funcionamento.

3.2.1 Caracterização dos materiais

3.2.2 Gasolina comum, gasolina aditivada e etanol

Para os ensaios foram coletados combustíveis de três bandeiras diferentes, sendo elas, Ipiranga, Shell e Petrobras totalizando nove coletas de todos os combustíveis necessários. Os combustíveis para realização do ensaio foram recolhidos em postos na cidade de Cascavel – PR, em recipiente de até cinco litros de capacidade, mas para o desenvolvimento do ensaio foi utilizado apenas três litros de combustíveis dentro dos galões. Os recipientes foram nomeados com seus respectivos nomes do combustível e sua marca, conforme Figura 6.

Figura 6 - Recipientes com combustíveis para realização dos ensaios.



Fonte: Autor (2018).

3.3 ENSAIOS REALIZADOS

Primeiramente antes da realização dos ensaios aferiu-se a temperatura ambiente do combustível dentro do recipiente com o auxílio de um termômetro a laser.

Os dados foram coletados em uma proveta onde foram realizados ensaio com o motor do automóvel em funcionamento, sendo que foi montado uma bomba de combustível externa e um reservatório externo (Figura 7) visto que foram ensaiados três tipos de marcas de gasolina comum, gasolina aditivada e o Álcool etílico.

Figura 7 - Bomba externa dentro do recipiente externo.



Fonte: Autor (2018).

Na proveta foi medido uma quantidade de 1000 ml de cada combustível (Apêndice A) e assim foi inserido no reservatório externo, onde com o funcionamento da bomba externa e o automóvel ligado em andamento em cima do dinamômetro foi ensaiado em uma velocidade de

70 km/h e uma distância de 6 km verificou-se qual o consumo de cada combustível com essa quilometragem e distância estipulada.

A escolha da distância foi delimitada em 6 km devido ao custo para realização dos ensaios no dinamômetro ser elevado, presumisse que 6 km de distância foi conveniente para realização dos testes e que os resultados foram satisfatórios.

Para que não houvesse contaminação de combustível ao final de cada teste, inseria um determinando quantia do próximo combustível a ser testado no reservatório externo e percorria uma distância no dinamômetro que fosse necessária para a limpa total do sistema, assim foi feito em cada ensaio para que os resultados fossem precisos sem qualquer tipo de contaminação. A Figura 8 demonstra o automóvel no momento dos ensaios realizados no dinamômetro.

Figura 8 - Automóvel no equipamento de ensaio.



Fonte: Autor (2018).

Para avaliar o consumo devido a velocidade de rotação foi aplicado um tipo de rotação de 4000 rpm, em terceira marcha, pois a marcha escolhida não é uma marcha nem alta e nem muito baixa para a velocidade a ser realizada os ensaios, onde foi desenvolvido no motor qual combustível demonstrou menos consumo. Foram também verificados no combustível qual a

temperatura que causou maior calor no momento de o automóvel estar em andamento, novamente foi medido através de um termômetro a laser a temperatura do combustível após os 6 km rodados pelo automóvel. A Figura 9 apresenta a proveta e o termômetro a laser utilizados nos ensaios.

Figura 9 - Proveta e termômetro a laser.



Fonte: Autor (2018).

Após a realização dos ensaios, os combustíveis do recipiente externo, foram novamente introduzidos na proveta para uma nova medição do que restou. No Apêndice B encontrasse um relatório fotográfico que demonstra a proveta com os dados obtidos.

Nos testes verificados, foram vistos quais os combustíveis que mais consomem no motor, e qual dos combustíveis que tem um melhor rendimento quando o automóvel está em movimento.

3.4 ESTUDOS DE CUSTOS DO CONSUMO DOS COMBUSTÍVEL

Foi realizado uma análise de custo dos combustíveis utilizados para obter uma comparação não apenas de consumo mais sim do custo benefício. Os valores referentes de cada combustível foram coletados nos mesmos postos que foram colhidos os subsídios para realização dos ensaios, sendo que foi utilizado o consumo encontrado nos testes multiplicado pelo valor do litro do combustível.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussões apresentados foram a partir de análises feitas com três marcas de combustíveis em um carro flexível. Procurou-se relacionar os resultados obtidos com as informações existentes na literatura consultada e os conhecimentos adquiridos no decorrer deste trabalho.

4.1 TEMPERATURAS DOS COMBUSTÍVEIS ANTES E DEPOIS DOS ENSAIOS

O Quadro 1 apresenta as temperaturas dos combustíveis antes da realização dos ensaios.

Quadro 1 - Temperatura ambiente dos combustíveis.

TEMPERATURA AMBIENTE DO COMBUSTÍVEL		
COMBUSTÍVEL	MARCA	TEMPERATURA (°C)
Gasolina Aditivada	IPIRANGA	22,6
Gasolina Comum		22,8
Etanol		19,3
Gasolina Aditivada	SHELL	19,3
Gasolina Comum		18,8
Etanol		18,6
Gasolina Aditivada	PETROBRAS	22,4
Gasolina Comum		22,1
Etanol		18,7

Fonte: Autor (2018).

O Quadro 2 apresenta as temperaturas dos combustíveis após a realização dos ensaios.

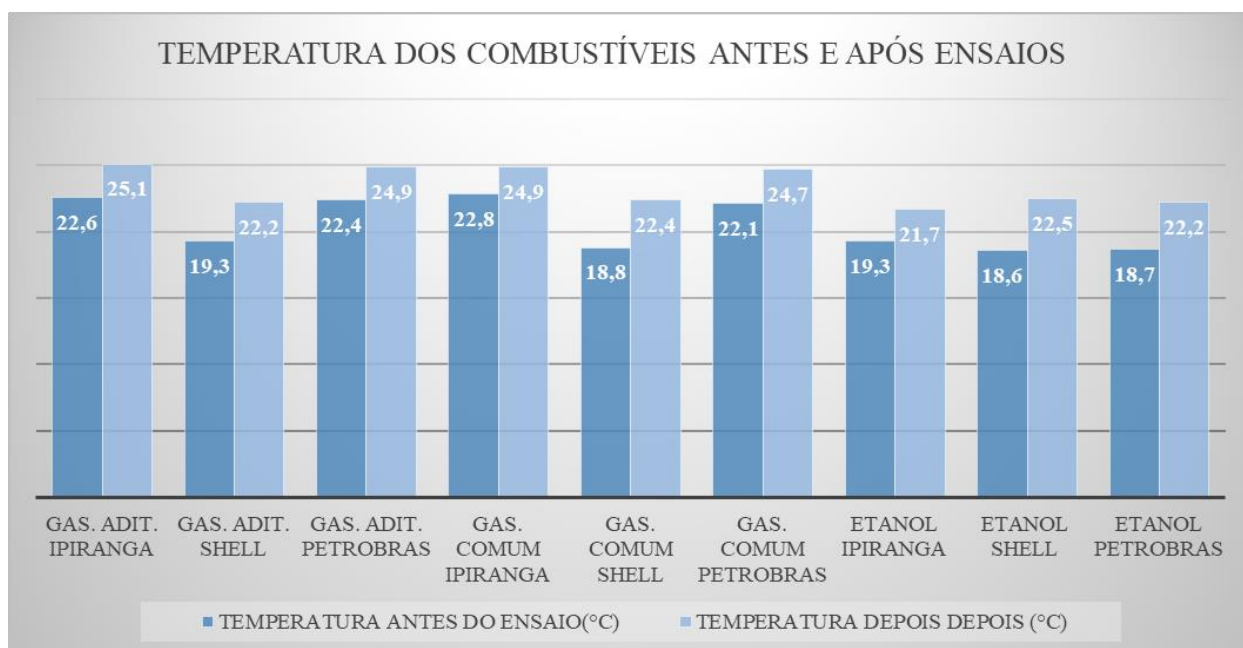
Quadro 2 - Temperatura dos combustíveis após os ensaios.

TEMPERATURA DOS COMBUSTÍVEIS APÓS OS ENSAIOS		
COMBUSTÍVEL	MARCA	TEMPERATURA (°C)
Gasolina Aditivada	IPIRANGA	25,1
Gasolina Comum		24,9
Etanol		21,7
Gasolina Aditivada	SHELL	22,2
Gasolina Comum		22,4
Etanol		22,5
Gasolina Aditivada	PETROBRAS	24,9
Gasolina Comum		24,7
Etanol		22,2

Fonte: Autor (2018).

Nota-se que a temperatura dos combustíveis se elevou devido ao combustível trabalhar dentro do motor e voltar pela mangueira de retorno até o recipiente de origem, assim o motor do carro que foram realizados os ensaios trabalha a uma temperatura de 90 °C, para que o motor trabalhe em um bom estado e ocorra a devida combustão dentro do sistema. O Gráfico 1 demonstra a comparação das temperaturas de antes e após os ensaios realizados.

Gráfico 1 - Temperatura dos combustíveis de antes e após ensaios.



Fonte: Autor (2018).

4.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS NO DINAMÔMETRO

Os ensaios foram realizados em um dinamômetro, pois o equipamento escolhido tem melhor precisão para verificar o consumo do automóvel, assim foram ensaiados nove tipos de combustíveis, onde pode-se verificar qual combustível consome mais e qual o combustível que tem um melhor desempenho no automóvel. O Quadro 3 apresenta a quantidade de combustível consumido de acordo com a marca.

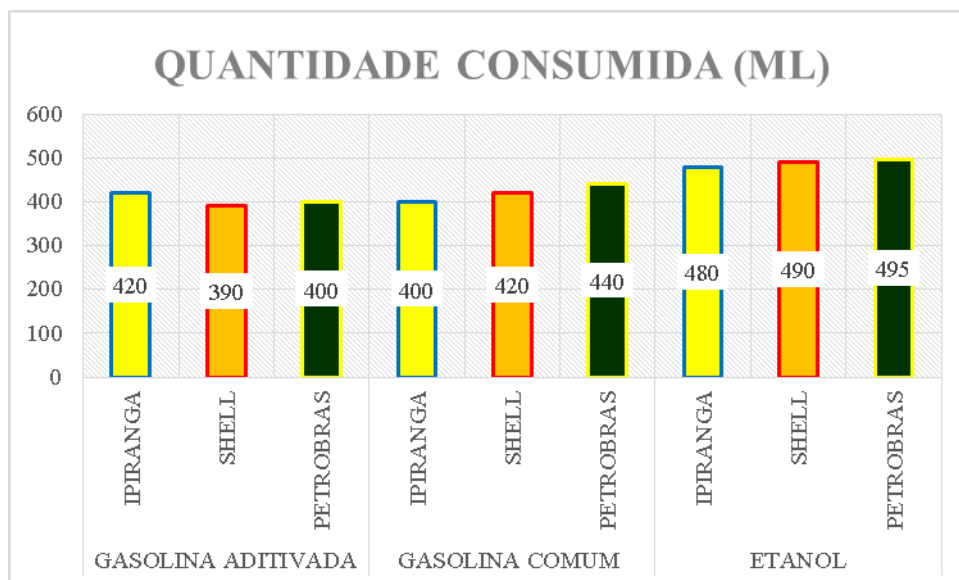
Quadro 3 – Quantidade de combustível consumida de acordo com a marca.

COMBUSTÍVEL	QUANTIDADE CONSUMIDA (ML)
GAS. ADIT. IPIRANGA	420
GAS. ADIT. SHELL	390
GAS. ADIT. PETROBRAS	400
GAS. COMUM IPIRANGA	400
GAS. COMUM SHELL	420
GAS. COMUM PETROBRAS	440
ETANOL IPIRANGA	480
ETANOL SHELL	490
ETANOL PETROBRAS	495

Fonte: Autor (2018).

Conforme resultados obtidos percebe-se que se comparar algumas marcas de gasolina comum elas consomem menos que gasolina comum de outras marcas. Para maior entendimento segue o Gráfico 2.

Gráfico 2 - Consumo de combustível de acordo com a marca e tipo de combustível.



Fonte: Autor (2018).

Analisou-se que se utilizado a gasolina comum Shell e utilizar a gasolina aditivada Ipiranga haverá um mesmo consumo, mesma coisa acontece se utilizarmos a gasolina comum Ipiranga e aditivada Petrobras. A gasolina aditivada que terá um menor consumo será a Shell e a comum Ipiranga, já para o etanol será Ipiranga.

Vale ressaltar que para cada ensaio realizado o sistema do automóvel desligava e inseria no reservatório externo o próximo combustível a ser testado e percorria uma distância no dinamômetro que fosse necessária para a limpa total do sistema, assim impossibilitando que houvesse contaminação dos resíduos dos testes anteriores.

4.3 COMPARATIVO DE CUSTOS

Como descrito na metodologia, foi realizado o estudo de comparativo de custo dos combustíveis utilizados nos ensaios, conforme exposto no Quadro 4.

Quadro 4 - Estudo de custo benefício dos combustíveis.

Combustível	Marca	Custo por litro	Quantidade Consumida (L)	Valor consumido
GASOLINA ADITIVADA	IPIRANGA	R\$ 4,75	0,420	R\$ 2,00
	SHELL	R\$ 4,95	0,390	R\$ 1,93
	PETROBRAS	R\$ 4,69	0,400	R\$ 1,88
GASOLINA COMUM	IPIRANGA	R\$ 4,65	0,400	R\$ 1,86
	SHELL	R\$ 4,84	0,420	R\$ 2,03
	PETROBRAS	R\$ 4,59	0,440	R\$ 2,02
ETANOL	IPIRANGA	R\$ 2,98	0,480	R\$ 1,43
	SHELL	R\$ 3,09	0,490	R\$ 1,51
	PETROBRAS	R\$ 2,92	0,495	R\$ 1,45

Fonte: Autor (2018).

De acordo com o Quadro 4, devido a gasolina aditivada Shell ter um consumo menor que as demais o seu custo benefício será maior que a gasolina aditivada Petrobras. Para a gasolina comum a Ipiranga apresentou menor consumo e um melhor custo benefício, também para o etanol verificou-se que a marca Ipiranga teve o menor consumo e melhor custo benefício.

5 CONCLUSÃO

A área automobilística abrange um grande crescimento, a pesquisa do consumidor na compra de veículos que possuam em seu motor a utilidade flex e que tenha um consumo reduzido vem aumentando ao decorrer dos anos devido a elevada alta dos preços dos combustíveis. O veículo que trabalhe na função flex sempre é uma opção ao consumidor que pode escolher com qual combustível abastecer.

Ao verificar os rendimentos entre os combustíveis gasolina comum e gasolina aditivada percebeu-se que cada marca tem sua variação de consumo e de custo benefício. Nos testes realizados verificou-se que por consumo e custo benefício a melhor opção seria a Petrobras.

De acordo com os ensaios o etanol tem um menor preço comparado com a gasolina, sendo assim, ao verificar os testes no veículo Volkswagen UP TAKE, notou-se a distância percorrida nos 6 km no ensaio do equipamento dinamômetro o combustível que teria o melhor desempenho seria o etanol da marca Ipiranga.

Valor gasto em cada combustível

- a) Gasolina Aditivada: A melhor gasolina aditivada a ser utilizada é a gasolina Petrobras que tem um custo mais barato na hora de abastecer o veículo;
- b) Gasolina comum: Entre as gasolinas comum, a que mais ficou barata foi a gasolina Ipiranga, onde saiu mais barato na hora de abastecer;
- c) Etanol: O etanol que teve um menor custo na hora do abastecimento, foi o Etanol da marca Ipiranga.

Quantidade consumida.

- a) Gasolina Aditivada: A gasolina aditivada que mais se destacou na parte do consumo foi a gasolina Shell, que consumiu apenas 390 ml dos testes realizadas assim sendo a que menos consumiu em comparação as marcas concorrentes;
- b) Gasolina comum: A gasolina comum que teve a menor quantidade consumida foi a gasolina da marca Ipiranga que consumiu apenas 400 ml do combustível testado;
- c) Etanol: Entre os etanóis a marca que menos consumível no momento dos testes realizados foi a marca Ipiranga, que além de ser a que menos consumível é o combustível mais barato no mercado.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para que seja realizado ensaios com combustíveis de outras marcas, onde o consumidor possa verificar se realmente é compensável abastecer a um custo mais barato e se terá o mesmo rendimento dos combustíveis de outras bandeiras.

Realizar testes com todos os tipos de combustíveis, verificando a partir do abastecimento e enchimento por completo do tanque do veículo, averiguando qual o melhor consumo e o melhor custos entre os combustíveis ensaiados.

Verificar os aditivos inseridos nos combustíveis etanol, gasolina comum e gasolina aditivada, devido que todos os combustíveis utilizados para uso são retirados de uma mesma refinaria sendo ela a Petrobras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, R. J.; BAETA, J. G. C.; VALLE, R. M.; BARROS, J. E. M.; CARVALHO, R. D. B. **Experimental Analyses of Flexible Fuel Systems in Spark Ignition Engine**. In: FUELS & LUBRICANTS MEETING AND EXPOSITION 2005, 11 a 13 de maio de 2005, Rio de Janeiro, R. J. SAE Technical Paper Series. Paper nº 2005-01-2183.

ANP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DO PETRÓLEO. **Gás natural veicular: Mercado em expansão**. Rio de Janeiro, 1 de agosto de 2003. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/>> Acesso em: 11 de abril de 2017.

BASSHUISEN, R. V.; SCHÄFER, F. **Internal combustion engine handbook: basics, components, systems, and perspectives**. Warrendale, PA: SAE International, INC., 2004.

Colégio Espírito Santo. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. **Motores 4 Tempos**. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/motores4t_etapas.htm>. Acesso em: 28 de abril de 2017.

EFEITO DE MAIS ETANOL NA GASOLINA AINDA É ESTUDADO POR MONTADORAS. Disponível em: <<http://g1.globo.com/carros/noticia/2015/03/efeito-de-mais-etanol-na-gasolina-ainda-e-estudado-por-montadoras.html>>. Acesso em: 16 de maio de 2017.

FERGUSON, C. R. **Internal combustion engines: applied thermosciences**. New York: J. Wiley & Sons, 1986.

FUNCIONAMENTO DO MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/funcionamento-motocombustao-interna.html>> Acesso em: 10 de abril de 2017.

GANESAN, V. **Internal combustion engines**. 1. ed. New York: McGraw-Hill, Inc., 1995. 540 p.

GARRET, T. K. **Automotive fuels and fuel systems: fuels, tanks, delivery, metering, mixing and combustion, and environmental considerations**. Warrendale, PA: SAE Internacional, INC., 1991. v.1 gasoline.

GLOBO CIÊNCIA. **Há dez anos, Brasil lançava o seu primeiro carro bicomustível**. Disponível em: <http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2013/06/ha-dez-anos-brasil-lancava-o-seu-primeiro-carro-bicomustivel.html>. Acesso em: 08 de abril de 2017.

HEYWOOD, J. B. **Internal combustion engine fundamentals**. New York McGraw-Hill, Inc., 1995.

HISTÓRIA DO ETANOL. Disponível em: <www.novacana.com/estudos/contextualizacao-historica-do-etanol-120913/> Acesso em: 05 de maio de 2017.

MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA. Disponível em: <<https://carlosfm1987.wordpress.com/2009/09/04/motores-de-combustao-interna-4-tempos/>>. Acesso em: 05 de maio de 2017.

MOTORES FLEXÍVEIS: 10 ANOS DE ÊXITO E DE TURBULÊNCIAS. Disponível em: <<http://bestcars.uol.com.br/bc/informe-se/colunas/editorial/399-motores-flexiveis-em-combustivel-10-anos-de-exito-e-de-turbulencias/>>. Acesso: 01 de maio de 2017.

NOTÍCIAS DA OFICINA. A tecnologia Total Flex: 1ª parte. São Paulo, v. 196, ano XXV, p. 4-5, mai/jun. 2003a. Disponível em: <<http://noticiasdaoficina.com.br/noticiasOficina.asp>>. Acesso em: 20 de maio de 2017.

NOTÍCIAS DA OFICINA. A tecnologia Total Flex: 2ª parte. São Paulo, v. 197, ano XXV, p. 4-5, jun/jul. 2003b. Disponível em: <<http://noticiasdaoficina.com.br/noticiasOficina.asp>>. Acesso em: 22 de maio de 2017.

PULKRABEK, W. W. **Engineering fundamentals of the internal combustion engine.** Upper Saddle River, N.J.: Prentice-Hall, Inc., 1997. 411 p.

RIBEIRO, S. Y.; SILVA, J. A.; PAU, F. S. **Modelo de previsão da eficiência volumétrica em motores de combustão interna, movidos a gasolina e álcool.** Disponível em: [http://www.fipai.org.br/Minerva%2006\(03\)%2002.pdf](http://www.fipai.org.br/Minerva%2006(03)%2002.pdf)>. Acesso em: 05 de maio de 2017.

SILVA, J. A. **Estudo dos processos de admissão e exaustão utilizando ensaio experimental e simulação de um motor de combustão interna a etanol aspirado e turbo alimentado.** 2004. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos.

SILVA, E. R.; SILVA, R. R. H. **Álcool e gasolina: combustíveis do Brasil.** São Paulo: Scipione, 1997.

STONE, R. **Introduction to internal combustion engines.** 2 ed. Warrendale, PA: SAE Internacional, INC., 1993. 574 p.

TAYLOR, C. F. **Análise dos motores de combustão interna.** São Paulo: Edgard Blücher, 1968.

ÚNICA – UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO. **Álcool: o álcool combustível.** Disponível em <http://www.unica.com.br/pages/alcool_alcool_combustivel.asp>. Acesso em: 11 de abril de 2017.

VICENTINI, P. C.; KRONBERGER, S. **Rating the performance of Brazilian flex fuel vehicles.** Rio de Janeiro, R.J. SAE Technical Paper Series. Paper nº 2005-01-2206.

ZAREH, A. **Motores a gás. Revista Lubrificação: uma publicação técnica dedicada à escolha e uso de lubrificantes.** Rio de Janeiro, 1998.

APÊNDICE A – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DAS MEDIDAS ANTES DA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS DE CADA COMBUSTÍVEL UTILIZADO.

Gasolina aditivada Petrobras, medida em 1000 ml para o ensaio.



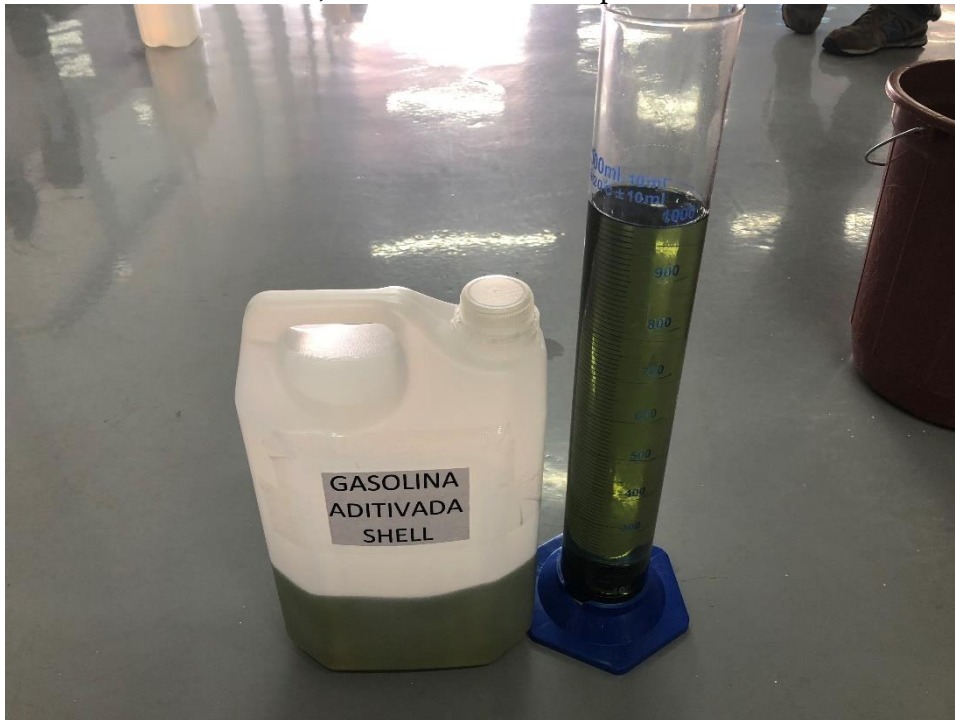
Fonte: Autor (2018).

Gasolina comum Petrobras, medida em 1000 ml para o ensaio.



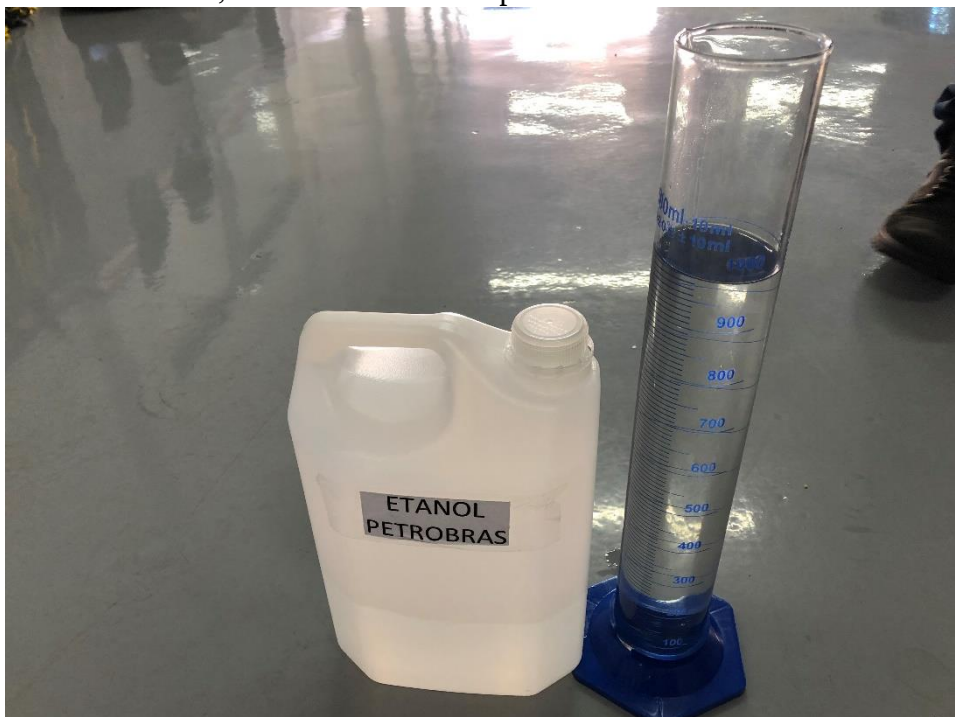
Fonte: Autor (2018).

Gasolina aditivada Shell, medido em 1000 ml para o ensaio.



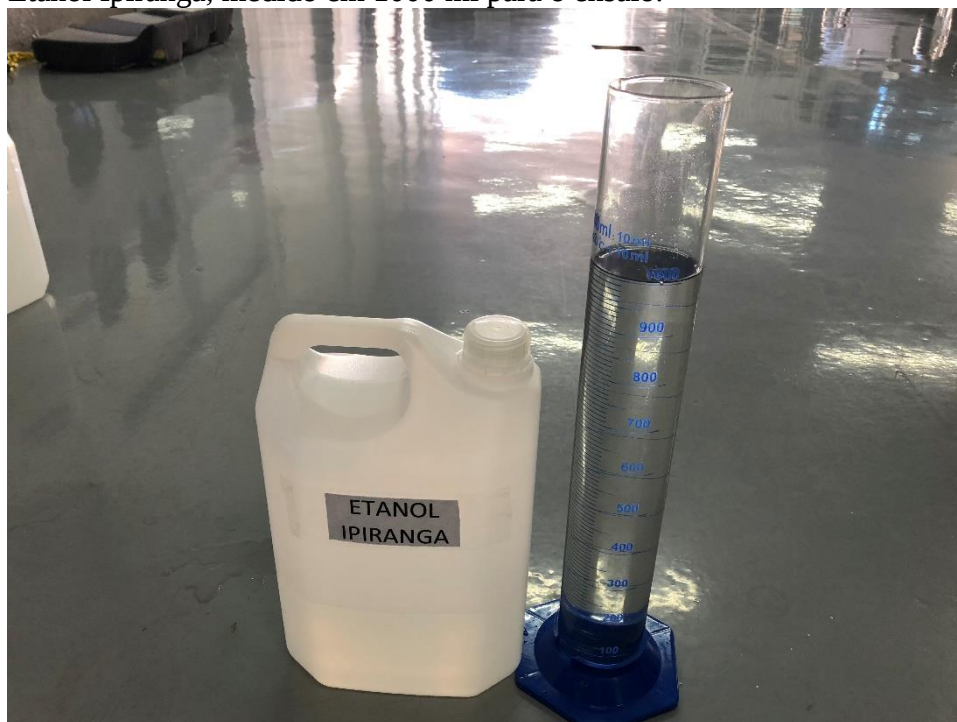
Fonte: Autor (2018).

Etanol Petrobras, medido em 1000 ml para o ensaio.



Fonte: Autor (2018).

Etanol Ipiranga, medido em 1000 ml para o ensaio.



Fonte: Autor (2018).

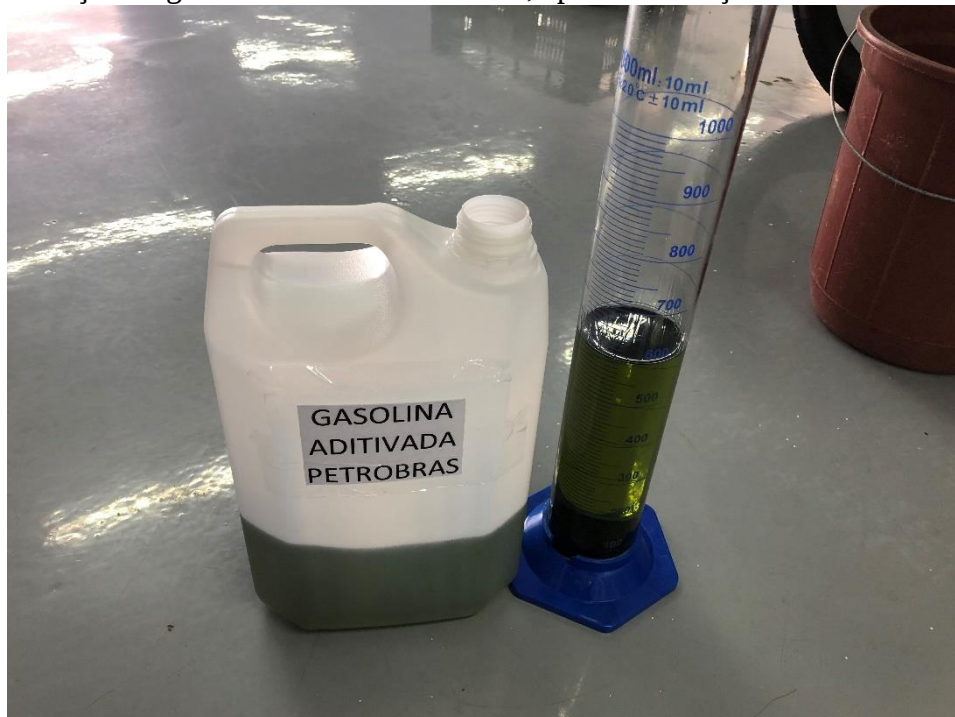
Etanol Shell, medido em 1000 ml para o ensaio.



Fonte: Autor (2018).

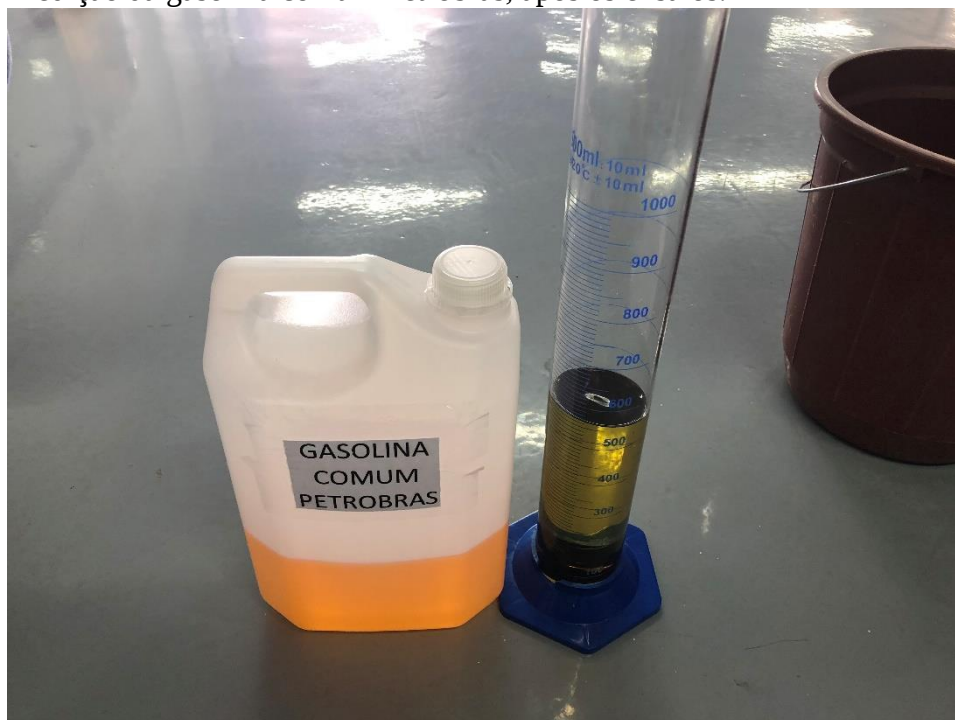
APÊNDICE B – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DAS MEDIDAS APÓS A REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS DE CADA COMBUSTÍVEL UTILIZADO.

Medição da gasolina aditivada Petrobras, após a realização do ensaio.



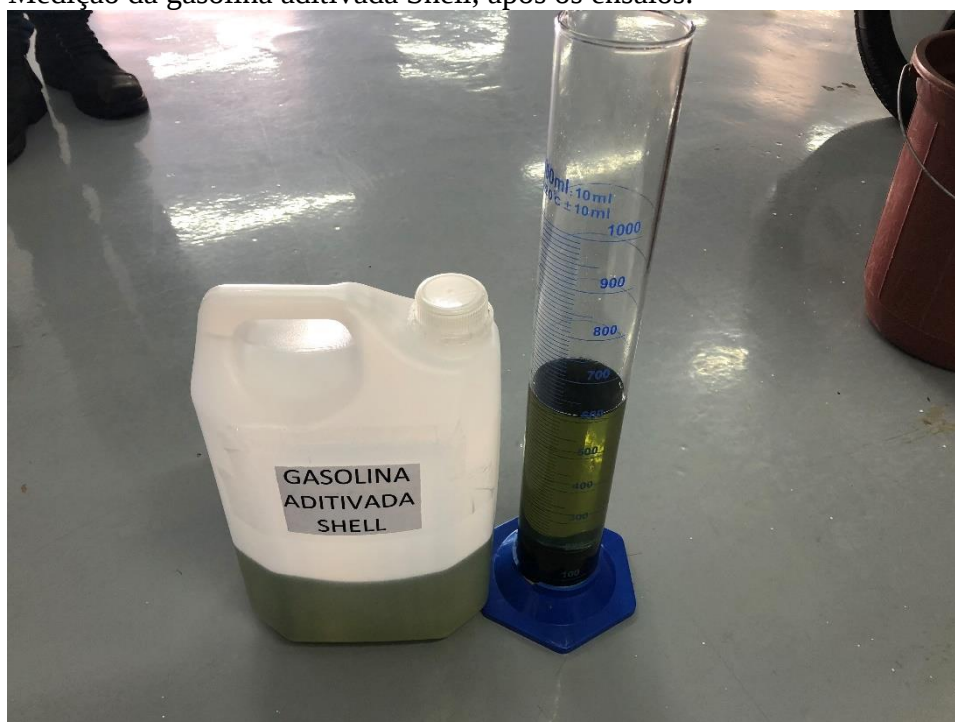
Fonte: Autor (2018).

Medição da gasolina comum Petrobras, após os ensaios.



Fonte: Autor (2018).

Medição da gasolina aditivada Shell, após os ensaios.



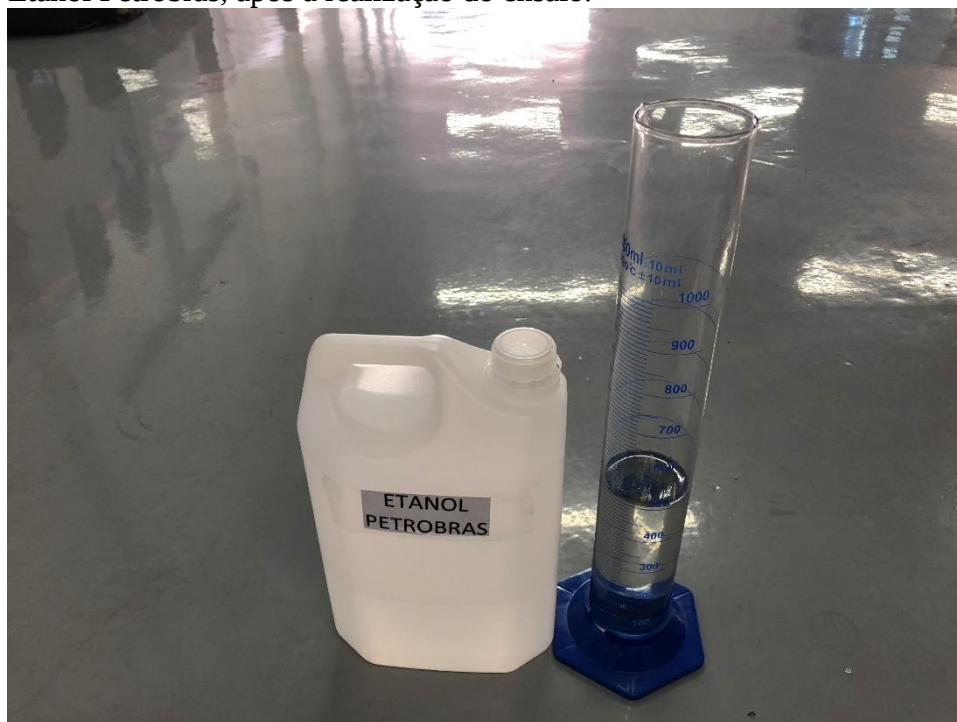
Fonte: Autor (2018).

Gasolina aditivada Ipiranga, após a realização do ensaio.



Fonte: Autor (2018).

Etanol Petrobras, após a realização do ensaio.



Fonte: Autor (2018).

Etanol Ipiranga, após a realização do ensaio.



Fonte: Autor (2018).

Etanol Shell, após a realização do ensaio.



Fonte: Autor (2018).