

**CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SANTO ANDRÉ
TECNOLOGIA EM MECÂNICA AUTOMOBILÍSTICA**

**ADRIANO SOARES
LUIS CARLOS DE SOUZA**

**ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO E
EMISSÕES ENTRE GASOLINA PODIUM E GASOLINA
COMUM COM ADITIVO MELHORADOR DE OCTANAGEM**

**SANTO ANDRÉ - SP
JUNHO/2017**

ADRIANO DA SILVA SOARES
LUIS CARLOS DE SOUZA

**ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO E EMISSÕES
ENTRE GASOLINA PODIUM E GASOLINA COMUM COM ADITIVO
MELHORADOR DE OCTANAGEM**

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia de Santo André, como requisito parcial para obtenção do grau de Tecnólogo em Mecânica Automobilística.

Orientador: Prof^o Jhonny Frank Sousa
Joca
Co-orientador: Prof^o Marco Aurélio
Fróes
Coordenador: Prof^o Fernando Garup
Dalbo

SANTO ANDRÉ - SP
JUNHO/2017

FICHA CATALOGRÁFICA

S676a

Soares, Adriano da Silva

Análise e comparação de desempenho e emissões entre gasolina podium e gasolina comum com aditivo melhorador de octanagem / Adriano da Silva Soares, Luis Carlos de Souza. - Santo André, 2017. – 51f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Mecânica Automobilística, 2017.

Orientador: Prof. Jhonny Frank Sousa Joca

1. Engenharia mecânica. 2. Combustíveis. 3. Emissão de poluentes.
4. Aditivos. 5. Octanagem. 6. Veículos. 7. Motores de combustão interna. I. Souza, Luis Carlos de. II. Análise e comparação de desempenho e emissões entre gasolina podium e gasolina comum com aditivo melhorador de octanagem.

621.43

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 19 DE DEZEMBRO DE 2017.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA “ANÁLISE
E COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO E EMISSÕES ENTRE
GASOLINA PODIUM E GASOLINA COMUM COM ADITIVO
MELHORADOR DE OCTAGEM” DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE
DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. JHONNY FRANK SOUSA JOCA _____

MEMBROS:

PROF. MARCO AURÉLIO FRÓES _____

PROF. ORLANDO DE SALVO JUNIOR _____

ALUNOS:

ADRIANO DA SILVA SOARES _____

LUIS CARLOS DA SILVA SOUZA _____

AGRADECIMENTOS

Aos alunos e professores do Curso de Tecnólogo em Mecânica Automobilística da Fatec Santo André.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de motor alternativo	6
Figura 2: Exemplo de motor rotativo	7
Figura 3 Exemplo de motor de impulso	7
Figura 4: Exemplificação dos 4 tempos	8
Figura 5: Ponto morto superior e inferior	11
Figura 6: Sistema de ignição.....	12
Figura 7: Posicionamento da vela de ignição	13
Figura 8: Avanço/Atraso de ignição	14
Figura 9: Abastecendo o carro com gasolina.	15
Figura 10 : Estruturas do n-heptano e do iso-octano	16
Figura 11 Aditivo utilizado no prjeto.....	17
Figura 12: Volkswagen Gol 1.6 Totalflex 2008.....	20
Figura 13: Dinamômetro de Rolo.....	21
Figura 14: Ventilador.....	21
Figura 15: Termômetro Infravermelho.....	22
Figura 16: Analisador de Gases.....	22
Figura 17: Balança de Precisão.....	23
Figura 18: Reservatório Auxiliar de Combustível.....	23
Figura 19: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 01.....	26
Figura 20: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 02.....	26
Figura 21: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 03.....	27
Figura 22: Foto tela aparelho diagnóstico.....	27
Figura 23: Foto tela aparelho diagnóstico.....	28
Figura 24: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 04.....	29
Figura 25: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 05.....	30
Figura 26: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 06.....	30
Figura 27: Foto tela aparelho diagnóstico.....	31

Figura 28: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 07.	32
Figura 29: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 08.	32
Figura 30: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 09.	33
Figura 31: Foto tela aparelho diagnóstico.	33
Figura 32: Quantidade de poluentes dos três combustíveis, respectivamente representados (Gasolina comum [A], Podium [B], Comum+Aditivo [C] no aparelho analisador de gases.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ppm	Partes por milhão
I.O	Índice de octanagem
PMI	Ponto morto inferior
PMS	Ponto morto superior

RESUMO

Devido a busca constante por melhorias nos motores a combustão interna, em termos de desempenho, consumo de combustível e emissões de poluentes, foram criadas diversas inovações, dentre elas gasolinas especiais, com teor de octanagem mais elevado e aditivos que aumentam a octanagem de gasolinas comuns. A falta de dados disponíveis para o público, quanto a desempenho, consumo de combustível e emissões de poluentes, dos aditivos melhoradores de octanagem e o alto custo de gasolinas especiais, foram pontos motivacionais para o projeto. Neste projeto, foram realizados ensaios dinamométricos, com um veículo de testes, Volkswagen gol 1.6 ano/modelo 2008/2008, com Gasolina Comum, Gasolina Podium e Gasolina Comum com Aditivo Melhorador de Octanagem, afim de comparar, dados de desempenho, custo benefício e emissões de poluentes. Foram apurados dados, de potência, torque, emissões de poluentes e consumo, tratados, comparados e expressos ao decorrer do projeto, apontando qual combustível se destacou em cada quesito analisado. Alguns testes realizados, através de fóruns e blogs, sobre o assunto octanagem, utilizando gasolina comum com aditivo melhorador de octanagem, obtiveram um aumento de potência entre 4 a 12%, do veículo utilizado na ocasião.

Palavras chave: Gasolinas, Octanagem, Desempenho, Custo benefício, Emissões e Testes.

ABSTRACT

Due to the constant search for improvements in internal combustion engines, in terms of performance, fuel consumption and emissions of pollutants, were created various innovations, among them special gasolines, with a higher octane rating and additives which increase the octane rating of common gasolines. The lack of publicly available data on performance, fuel consumption and emissions of pollutants, octane enhancement additives, and the high cost of special gasolines were motivational points for the project. In this project, were carried out dynamometric tests, with a test vehicle, Volkswagen gol 1.6 year / model 2008/2008, with Common Gasoline, Podium Gasoline and Common Gasoline with Octane Enhancer Additive, in order to compare performance, cost and emissions of pollutants. Power, torque, pollutant emissions and consumption, treated, compared and expressed during the project were determined, indicating which fuel was highlighted in each analyzed item. Some tests conducted through forums and blogs on the subject octane, using ordinary gasoline with octane improver additive, obtained a power increase between 4 to 12% of the vehicle used at the time.

Keywords: Gasoline's, Octane, Performance, Cost benefit, Emissions and Tests.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	VII
1 INTRODUÇÃO.....	3
2 JUSTIFICATIVA	4
3 OBJETIVO	5
4 MOTOR À COMBUSTÃO INTERNA.....	6
4.1 Conceito geral em motores de combustão interna.....	6
4.2 Funcionamento do motor quatro tempos ciclo Otto.....	8
5 OCTANAGEM.....	9
5.1 Definição	9
5.2 Benefícios de um alto índice de octanagem.....	9
5.3 Pré-detonação (batida de pino).....	10
6 TAXA DE COMPRESSÃO	10
6.1 Definição	10
6.2 Eficiência.....	11
7 SISTEMA DE IGNIÇÃO	11
7.1 Definição	11
7.2 Componentes e funções de um sistema de ignição convencional	12
7.3 Avanço e atraso de ignição	13
8 GASOLINAS.....	15
8.1 Gasolina comum	15
8.2 Gasolina Podium.....	16
8.3 Benefícios da utilização da gasolina Podium	17
9 ADITIVO MELHORADOR DE OCTANAGEM.....	17
9.1 Descrição do aditivo	17
9.2 Propriedades físico-químicas e Composição do aditivo utilizado no projeto.	18
9.3 Benefícios do aditivo segundo o fabricante	18
10 TESTES	19
10.1 Mistura da Gasolina Comum com Aditivo Melhorador de Octanagem.....	19
10.2 Equipamentos utilizados.....	20
10.3 Condicionamento de Teste.....	24
10.4 Procedimento de testes de Potência e Torque.....	24

10.5 Resultados de Potência e Torque obtidos nos testes	25
10.5.1 Gasolina Comum	25
10.5.2 Gasolina comum + Aditivo Melhorador de Octanagem	29
10.5.3 Gasolina Podium	31
10.6 Procedimento de testes de Consumo e Emissões de gases.....	34
10.7 Resultados de consumo de combustível obtido nos testes	36
10.8 Resultados de emissões obtidos nos testes.....	37
10.8.1 Monóxido de Carbono (CO).....	37
10.8.2 Dióxido de Carbono (CO ₂).....	37
10.8.3 Hidrocarbonetos (HC).....	37
11 CONCLUSÕES.....	39
12 BIBLIOGRAFIA	40

1 INTRODUÇÃO

A procura pela melhoria em termos de desempenho, menor consumo de combustível e emissões de gases nos motores a combustão interna sempre foi um desafio desde sua criação. Muitos ganhos já foram obtidos ao longo dos anos com inúmeras inovações, tais como, injeção eletrônica, turbocompressores, redução de atrito, etc.

Dentre essas inovações, foram criados também gasolinas especiais com um nível elevado de octanagem e aditivos, que adicionados a gasolina comum, elevam o Índice de Octanagem (I.O) encontrado na mesma. Esse aumento traz benefícios significativos para o motor, em termos de desempenho e proteção ao motor.

Atualmente a gasolina utilizada no Brasil, tanto aditivada, quanto comum, possui, em média, 87 unidades de octanos em sua composição. Outros tipos especiais são a Gasolina Premium, da Petrobrás, que possui 91 unidades de octanos, e a Shell V- POWER, que possui 93 unidades de octanos, valores estabelecidos conforme o fabricante. Estes tipos de combustíveis, possuem também em sua composição, um teor de enxofre de 50mg/kg.

O combustível utilizado neste projeto foi a Gasolina Podium, da Petrobrás, muito conhecida por possuir, durante muitos anos, o maior número de octanos no Brasil, 95 unidades de octanos, aproximando-se do índice europeu, 102 octanos. Possui também, um baixo teor de enxofre, 30 mg/ kg. Atualmente, a Gasolina Podium, encontra-se na segunda colocação, em número de octanos no mercado brasileiros, estando na primeira colocação a gasolina Octapro, do fabricante Ipiranga, com 96 octanos.

O aditivo que foi utilizado, é um aditivo melhorador de octanagem, que garante aumentar o nível de octanagem da gasolina comum, porém, o fabricante não disponibiliza um valor exato desse aumento, pelo fato de variar dependendo do combustível utilizado.

2 JUSTIFICATIVA

Devido à falta de informações sobre a efetividade dos aditivos do tipo melhoradores de octanagem, no mercado, nosso projeto visa verificar a eficácia do produto. O que de fato, motivou a comparação entre a gasolina Podium e gasolina comum com aditivo, foi o fato de a gasolina Podium ter um custo relativamente alto em comparação a gasolina comum com aditivo conforme tabela abaixo.

Tabela1: Custo de cada combustível.

Tipo de combustível	Preço [R\$/L]	Preço de 50 litros [L]
Gasolina Podium	R\$ 5,17	R\$ 258,50
Gasolina Comum +Aditivo	R\$ 4,49	R\$ 224,50
Gasolina Comum	R\$ 3,99	R\$ 199,50

Fonte; Autoria Própria.

Se os dois produtos visam os mesmos benefícios, seria mais viável financeiramente, utilizar o mais barato, porém seriam necessários testes para garantir a eficácia do aditivo, assim verificando se existe plausibilidade na comparação entre gasolina comum com aditivo melhorador de octanagem e gasolina Podium.

Neste projeto foi realizada a análise e comparação do desempenho entre a Gasolina Podium, da Petrobrás e aditivo melhorador de octanagem, adicionado à gasolina comum, a fim de obter se realmente o produto entrega os benefícios apresentados pelo fabricante, utilizando um veículo de testes, e por meio de ensaios dinamométricos obter dados de eficiência, consumo, melhoria na proteção do motor, emissões de gases e custo benefício.

3 OBJETIVO

Objetivo principal deste projeto foi confrontar três combustíveis, Gasolina comum, Gasolina Podium e Gasolina comum com aditivo melhorador de octanagem, à fim de demonstrar, qual apresenta melhor performance nos quesitos: potência, torque, emissões de poluentes e consumo, podendo expressar também, através dos quesitos avaliados, o custo benefício de cada combustível.

Para obtenção destes resultados, foram realizados testes, obtendo uma média de potência, torque, consumo e emissões de poluentes, em um veículo de teste, utilizando um dinamômetro de rolo.

4 MOTOR À COMBUSTÃO INTERNA

Para aplicarmos os conceitos aplicados pelo Aditivo Melhorador de Octanagem, veremos a seguir, conceitos de motor a combustão interna verificando os tipos de motor, porém dando foco em motores de quatro tempos ciclo Otto.

4.1 Conceito geral em motores de combustão interna

“Motores a combustão interna são classificados como máquinas térmicas, ou seja, máquinas que tem a capacidade de transformar energia térmica em trabalho mecânico.” (BRUNETTI; GARCIA, 1992). No caso do motor a combustão interna utilizamos a mistura de ar e combustível para obtenção de energia térmica, essa mesma que respeita uma certa proporção e condições de queima para o correto funcionamento do sistema, aonde veremos mais detalhes nos próximos capítulos.

- Tipo de motores a combustão interna

- Motores alternativos: motores que transformam o movimento linear do pistão em movimento rotativo, utilizando o sistema biela-manivela.

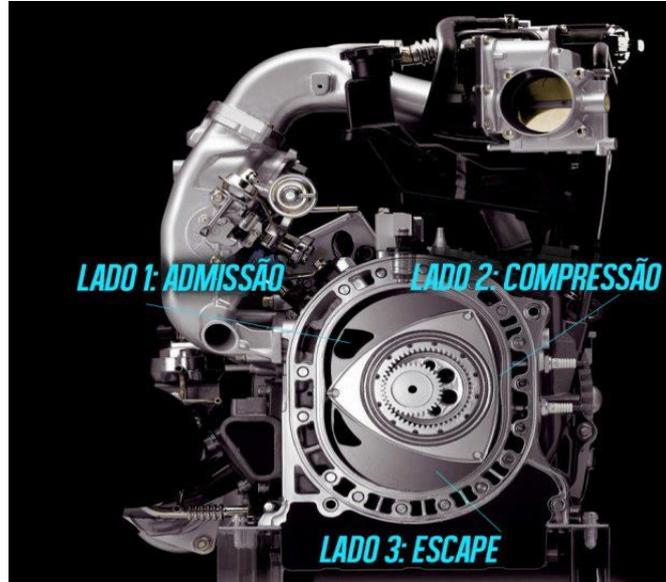
Figura 1: Exemplo de motor alternativo



Fonte: www.mecanicaindustrial.com.br/738-uso-de-um-motor-alternativo/

- Motores rotativos: motores que obtêm trabalho diretamente pelo movimento rotativo do conjunto.

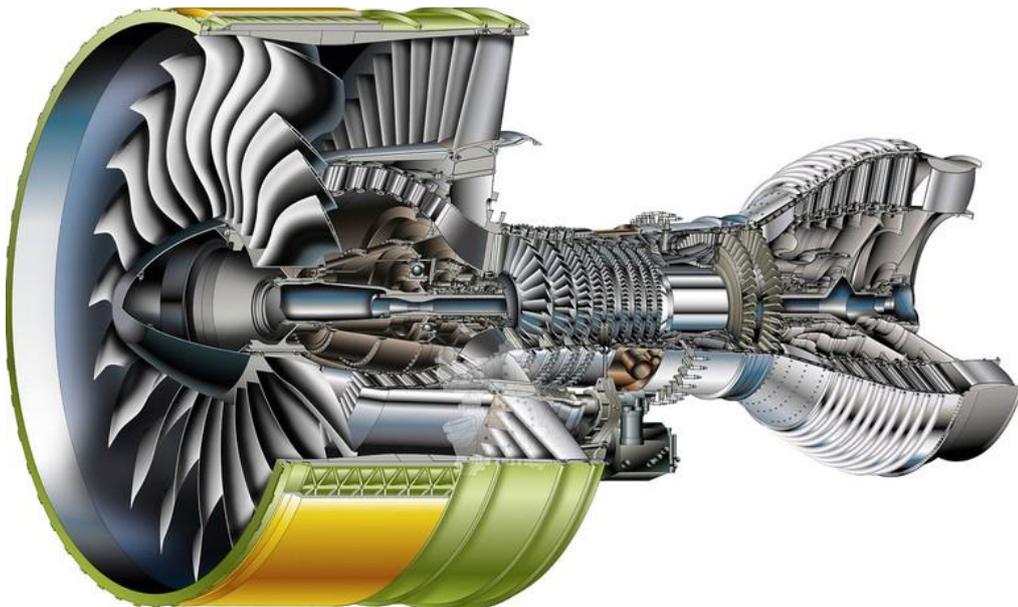
Figura 2: Exemplo de motor rotativo



Fonte: <https://www.flatout.com.br/como-funciona-o-motor-wankel/>

- Motores de impulso: são motores que obtêm trabalho diretamente da reação química da mistura na qual os gases são expelidos em alta velocidade gerando empuxo, um exemplo desse tipo de motor é motor a jato.

Figura 3 Exemplo de motor de impulso



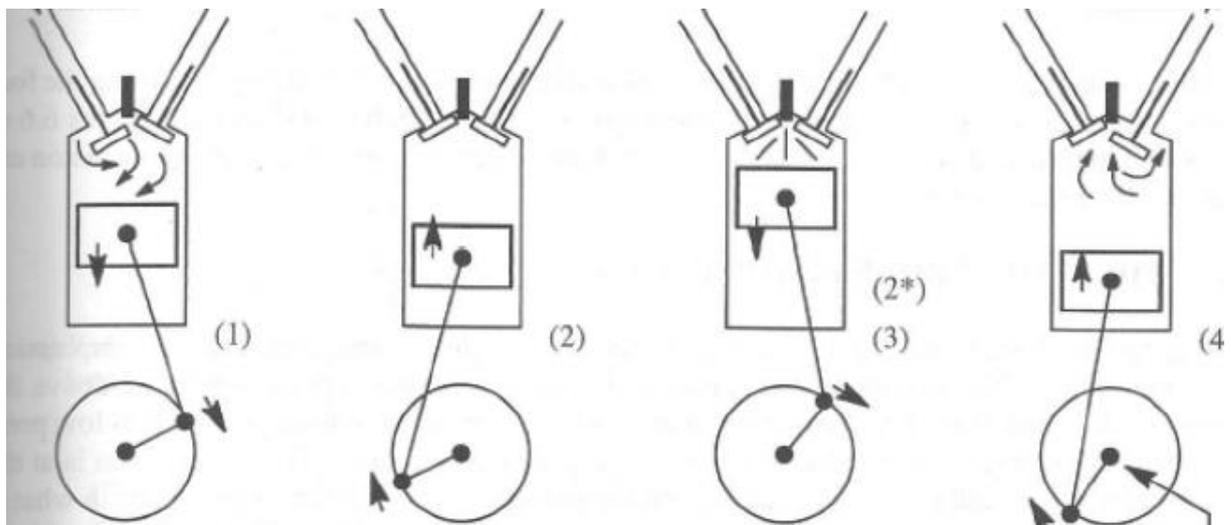
Fonte: www.aeromagazine.uol.com.br

4.2 Funcionamento do motor quatro tempos ciclo Otto

Basicamente esse tipo de motor funciona baseado em quatro tempos: admissão, compressão, expansão e escape.

- 1° - Admissão: nessa fase o pistão está em um movimento de descida com a válvula de admissão aberta, admitindo a mistura ar/combustível.
- 2° - Compressão: nessa fase o pistão está em um movimento de subida tendo a câmara de combustão preenchida com a mistura ar/combustível, comprimindo a mistura.
- 3° - Combustão: etapa em que o pistão está no ponto máximo superior garantindo que a mistura está comprimida na câmara de combustão, assim a vela gera uma faísca elétrica provocando a explosão da mistura comprimida empurrando o pistão para baixo transferindo força para o sistema biela-manivela gerar o movimento circular.
- 4° - Escape: última fase do ciclo na qual o pistão está em um movimento de subida expulsando os gases gerados na combustão pela válvula de escape.

Figura 4: Exemplificação dos 4 tempos



Fonte: Adaptado de; http://www.fem.unicamp.br/~franklin/ES672/pdf/mot_alternat.pdf

5 OCTANAGEM

5.1 Definição

Octanagem é uma característica da gasolina que indica o quanto a mistura Ar-combustível suporta a altas temperaturas e pressões na câmara de combustão. Quanto maior o índice de octanagem, maior é a capacidade do combustível de suportar altas temperaturas e pressões, evitando desse modo, combustões espontâneas, que ocorrem antes da centelha emitida pela vela de ignição. Esse fenômeno é conhecido como detonação ou batida de pino, causando superaquecimento na câmara de combustão, tensões mecânicas fora das especificações do motor, assim, gerando um desgaste prematuro dos componentes móveis e redução do rendimento do motor.

O índice de octanagem estabelece uma equivalência à porcentagem da mistura de um iso-octano (padrão 100 na escala de octanagem) e n-heptano (padrão 0 na escala de octanagem). Ou seja, uma gasolina que contenha 87 unidades de octanas, possui resistência a detonação equivalente a 87% de iso-octano e 13% n-heptano. (PETROBRÁS, 2016.)

5.2 Benefícios de um alto índice de octanagem

Um alto índice de octanagem pode trazer muitos benefícios para motor e meio ambiente:

- Aumento da performance: aumento da potência, melhoria na saída com o carro, menor tempo de retomadas, assim, auxiliando ultrapassagens com mais segurança;
- Proteção ao motor: redução de atrito, menor formação de depósitos, resultando em uma menor manutenção e mantendo inalteradas as propriedades do motor por mais tempo e redução autodetonação;
- Impacto ambiental: redução de emissões de gases poluentes provenientes da queima.

5.3 Pré-detonação (batida de pino)

A detonação, popularmente conhecida como “batida de pino”, ocorre quando a queima da mistura Ar-combustível acontece antes do tempo, ou seja, o gás alcança a temperatura de ignição antes da propagação da faísca da vela, assim dessincronizando a fase de combustão, gerando o aumento da temperatura da câmara de combustão e picos de pressão na mesma, podendo danificar componentes internos do motor (Pistão, biela, bronzinas, árvore de manivelas e cabeçote) e o desgaste prematuro do motor.

Esse fenômeno pode causar, também, o aumento do consumo de combustível, diminuição da potência do motor, aumento de emissão de poluentes e um ruído incômodo. (BOSCH,2005.)

6 TAXA DE COMPRESSÃO

6.1 Definição

Taxa de compressão é a quantidade de vezes que o volume do cilindro é comprimido quando o pistão se encontra no ponto máximo superior. Usando um motor monocilíndrico que possui um volume de 250cm³, quando o pistão se encontra no PMI, e 25cm³ no PMS, a taxa de compressão do mesmo será 10:1, ou seja, o volume inicial foi comprimido 10 vezes. A formula matemática dessa definição é dada por:

$$TC = \frac{V_{pms}}{V_{pmi}}$$

$$V_{pmi} = V_{cilindro} + V_{camara}$$

$$V_{pmi} = V_{camara}$$

TC = Taxa de compressão

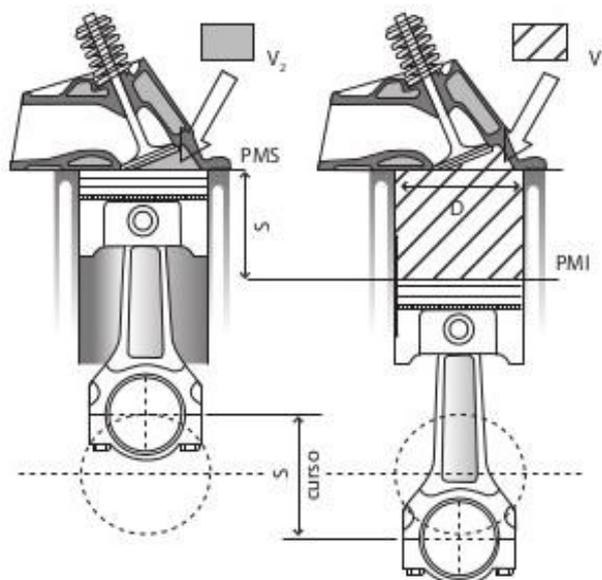
V_{pmi} = Volume ponto morto inferior

V_{pms} = Volume ponto morto superior

V_{cilindro} = Volume do cilindro

V_{camara} = Volume da câmara de combustão

Figura 5: Ponto morto superior e inferior



Fonte: BRUNETTI, F.; GARCIA, 1992.

6.2 Eficiência

Uma alta taxa de compressão é a condição ideal para o desempenho do motor a combustão interna, pois a mesma determina uma maior temperatura na combustão da mistura ar/combustível. A temperatura elevada da mistura gera uma queima com maior velocidade, assim gerando um maior curso útil do pistão no tempo de combustão. Porém essa eficiência só é possível se o combustível utilizado tenha alta octanagem.

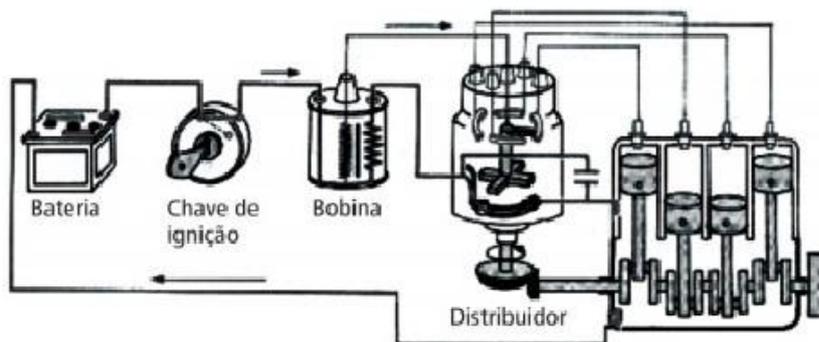
7 SISTEMA DE IGNIÇÃO

7.1 Definição

O sistema de ignição de um veículo é caracterizado pelo fornecimento da centelha em cada cilindro, gerando a combustão da mistura ar - combustível.

Dentre todos componentes do sistema, o mais importante é a vela de ignição, por ser responsável pelo início da queima da mistura ar- combustível, admitida pelo motor. São instaladas no cabeçote do motor na parte superior da câmara de combustão, próximo à válvulas de admissão. (BOSCH, 2005.)

Figura 6: Sistema de ignição.



Fonte: BOSCH,2010.

7.2 Componentes e funções de um sistema de ignição convencional

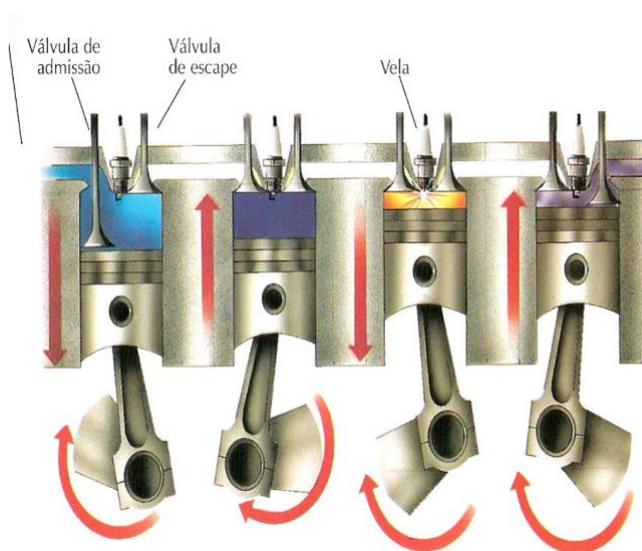
Componentes:

- Módulo de gerenciamento eletrônico do motor
- Módulo de ignição
- Bobina de ignição
- Velas de ignição

Estes componentes, são capazes de realizar três funções distintas, essenciais ao motor:

- Função transformadora: O sistema deverá elevar a tensão disponível na bateria, até atingir a tensão necessária para a geração da centelha.
- Função distribuidora: O sistema deverá distribuir a centelha na ordem correta de ignição. Exemplo: Motor 4 tempos, 4 cilindros, ordem 1-3-4-2, ou seja, a centelha irá seguir a ordem dos cilindros do motor, onde o primeiro a receber a centelha será o cilindro 1, depois o cilindro 3, posteriormente o cilindro 4 e por último o cilindro 2.
- Função Avanço/Atraso: O sistema deverá liberar a centelha no instante exato estabelecido no desenvolvimento do motor, ao cilindro.

Figura 7: Posicionamento da vela de ignição



Fonte: Adaptado de; <https://abekwar.wordpress.com/>

7.3 Avanço e atraso de ignição

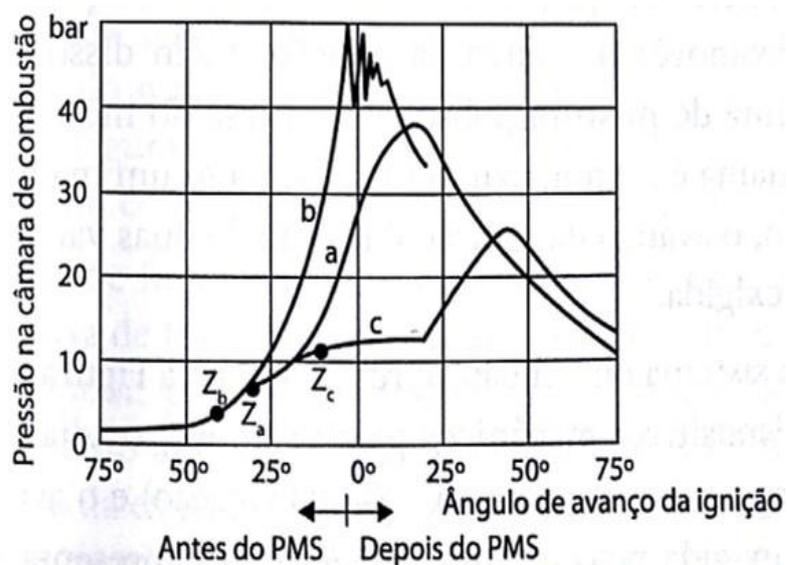
Ponto de ignição é o ângulo em relação à árvore de manivelas, no qual a energia armazenada na bobina é disparada na vela e emitida na câmara de combustão em forma de centelha.

Avanço e atraso de ignição é a movimentação do ponto de ignição a fim de manter a maior eficiência na queima do combustível injetado.

O avanço da ignição é o adiantamento da centelha em relação ao ponto morto superior, ou seja, liberando a centelha alguns graus antes em relação ao ponto ao ponto morto superior. A unidade de gerenciamento eletrônico do motor, adianta liberação da centelha conforme o aumento da rotação do motor, pois com o aumento da velocidade de subida do pistão, o tempo para que a queima completa do combustível ocorra no ponto de máxima pressão no interior do cilindro é menor, assim a centelha deve ser liberada antes para que haja tempo suficiente para queima completa do combustível.

O atraso da ignição é o contrário do avanço, sendo assim, a centelha é liberada alguns graus após o ponto o ponto morto superior. O atraso se dá normalmente para equilibrar o avanço demasiado. (BRUNETTI; GARCIA,1992).

Figura 8: Avanço/Atraso de ignição



Fonte: BRUNETTI, F.; GARCIA, 1992.

Ponto Z_a: Ponto de ignição ideal, aproveitamento máximo da pressão da câmara de combustão.

Ponto Z_b: Ponto de ignição avançado, elevação da pressão da câmara acima do ideal, gerando a autoignição da mistura fora do momento ideal, causando “batida de pino” e perda de desempenho do motor.

Ponto Z_c: Ponto de ignição atrasado, a pressão da câmara é menor do que o esperado, pois, a combustão da mistura é após do PMS gerando uma perda de rendimento do motor.

8 GASOLINAS

8.1 Gasolina comum

Entre os derivados do petróleo obtidos por meio do seu refinamento e craqueamento, um dos mais importantes é a gasolina.

A gasolina é o segundo combustível mais consumido no Brasil, vindo logo atrás do óleo diesel.

Sua composição final depende da origem do petróleo, das correntes e dos processos de produção (destilação atmosférica, alquilação, hidrocraqueamento, craqueamento catalítico, entre outros). Os hidrocarbonetos presentes na gasolina pertencem, principalmente, às classes das parafinas (normal ou ramificadas), olefinas, naftênicos e aromáticos, formados por cadeias de 4 a 12 átomos de carbono, predominando de 5 a 9 átomos, com pontos de ebulição variando de 30 °C a 215 °C, isso favorece a sua utilização como combustível. Além disso, a sua combustão libera uma quantidade de energia potencial muito boa e seu preço é economicamente viável. (ANP, 2017.)

Figura 9: Abastecendo o carro com gasolina.

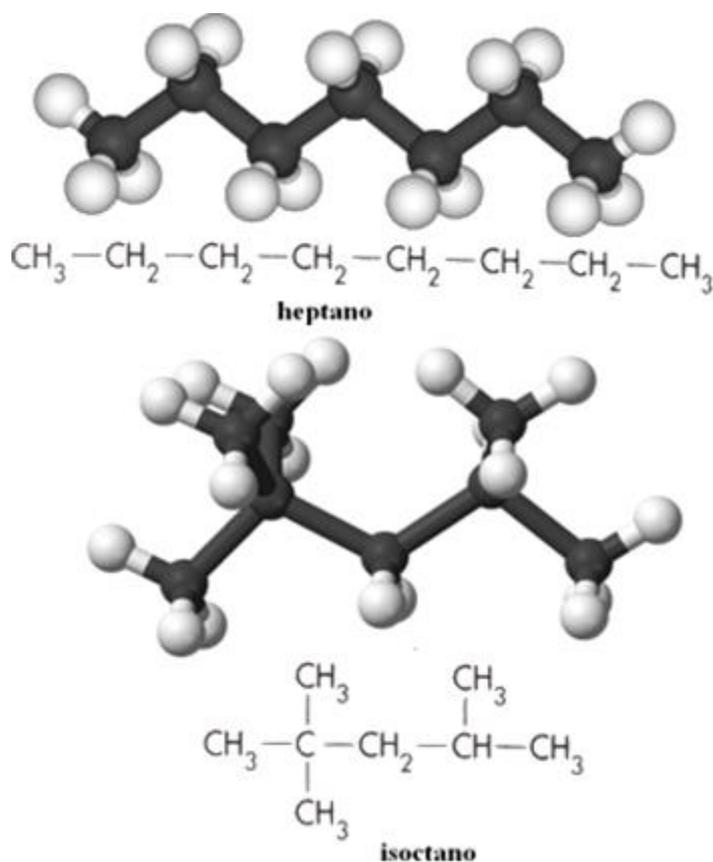


Fonte: <http://manualdaquimica.uol.com.br/combustiveis/gasolina.htm>

Entre os componentes da gasolina, o mais resistente à compressão é o 2,2,4-trimetilpentano, chamado usualmente por iso-octano. Por outro lado, o menos resistente é o n-heptano. Criou-se, então, uma medida da qualidade da gasolina, que ficou denominada de índice de octanagem.

Ao iso-octano atribui-se o valor 100 de octanagem ou 100 octanas e ao n-heptano atribui-se o valor zero. Assim, quando dizemos que determinada gasolina possui 70 octanas ou índice de octanagem igual a 70, quer dizer que, em relação à resistência à compressão, essa gasolina se comporta como se fosse uma mistura de 70% de iso-octano e 30% de n-heptano.

Figura 10: Estruturas do n-heptano e do iso-octano



Fonte: <http://manualdaquimica.uol.com.br/combustiveis/gasolina.htm>

8.2 Gasolina Podium

A Gasolina Podium, é um combustível fabricado pela PETROBRÁS. O mesmo consiste em uma gasolina especial utilizada para alta performance. Possui o maior índice de octanagem do mercado brasileiro, 95 unidades de octanos, especificado pelo fabricante, superando gasolinas comuns, de 87 unidades de octanos, e menor teor de enxofre, 30mg/kg. Pode ser utilizada em qualquer veículo a gasolina ou flex.

8.3 Benefícios da utilização da gasolina Podium

- Possui substâncias em sua composição que garantem a limpeza das partes internas do motor, como válvulas e bicos injetores, reduzindo o atrito interno do motor.
- Proporciona melhor arranque para o veículo, ajudando nas retomadas de velocidades e ultrapassagens.
- Por possuir uma alta octanagem, proporciona um melhor aproveitamento da potência do motor, definida no projeto.
- Possui baixo teor de enxofre, auxiliando na redução de emissões.

9 ADITIVO MELHORADOR DE OCTANAGEM

9.1 Descrição do aditivo

Tem como função aumentar ao índice de octanagem de gasolinas comuns ou aditivadas, trazendo vários benefícios aos motores, como limpeza da câmara de combustão, economia de combustível e evitando batida de pino.

Contudo, o fabricante não disponibiliza um valor exato do aumento de octanagem da gasolina, devido ao fato de que o combustível a ser aditivado pode não ter o mesmo índice de octanagem padrão que o combustível utilizado pelo fabricante nos testes do aditivo.

A partir de pesquisas feitas em fóruns relacionados ao assunto, foi verificado relatos de usuários do aditivo melhorador de octanagem, melhorias como melhor retomada de velocidade, redução de consumo e ruído proveniente do motor.

Figura 11 Aditivo utilizado no projeto.



Fonte: Autoria Própria.

9.2 Propriedades físico-químicas e Composição do aditivo utilizado no projeto

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS Aspecto: Líquido não viscoso amarelado

Densidade a 25 ° C, g / mL: 0,8344 g/mL

Viscosidade a 40 ° C, mm²/s: N.D

Estado físico: Líquido.

Cor: Límpido Transparente

Odor: Característico de Hidrocarboneto.

Ponto de fusão: N.D.

Ponto de ebulição (760 mmHg): 183°C

Ponto de fulgor: 67°C

Ponto de Congelamento: N.D

Temperatura de decomposição: N.D.

Limites de inflamabilidade: N.D.

Pressão de vapor: N.D.

Solubilidade em água: Menor que 0,1%

Solubilidade em outros solventes: Miscível em solventes orgânicos.

Viscosidade: N.D.

Tabela 2: Composição do Aditivo.

Nome do Ingrediente	% em volume	No. CAS	Classificação
Álcool Anidro	75	64-17-5	R10, Xn R20, Xi R36/37/38, N R51/53
Aditivo	15	mistura	R10, T R25, Xn R21, Xi R36/37/38, N R50/53

Fonte: Adaptado de; http://www.petroplus.com.br/2014/portal/upload/arquivo_6.pdf.

9.3 Benefícios do aditivo segundo o fabricante

- Auxilia na limpeza da câmara de combustão e do sistema de admissão;

- Evita pré-detonação (batida de pino);
- Mantém regulagem do motor;
- Melhora desempenho e reduz consumo;
- Reduz atrito e aumenta vida útil do motor;
- Facilita partida;
- Reduz emissões.

10 TESTES

Foram efetuados testes, na Faculdade de Tecnologia Fatec Santo André, sob o auxílio e supervisão, do professor e co-orientador do projeto, Marco Aurélio Fróes.

Estes testes visavam avaliar o comportamento dos três combustíveis citados nos capítulos anteriores, Gasolina Comum, Gasolina Podium e Gasolina Comum com aditivo Melhorador de Octanagem, afim de estabelecer variações de consumo, desempenho e emissões de gases.

10.1 Mistura da Gasolina Comum com Aditivo Melhorador de Octanagem

A mistura, foi determinada, a partir das especificações do fabricante em questão, que atribui a mistura do aditivo sendo como: um frasco que contém 236ml para 50L de Gasolina.

Seguindo essa especificação, preparamos uma mistura que inclui uma proporção do aditivo contido no frasco, para 10L de Gasolina comum.

Calculo para mistura;

- $50L = 50000mL$
- $10L = 10000mL$
- $X = \text{proporção em ml de aditivo para } 10L$

$$50000mL - 236mL$$

$$10000mL - X$$

$$X = \underline{236mL * 10000mL}$$

50000mL

$X = 47,2\text{mL}$

Desta forma, obtivemos a mistura proporcional para realização dos testes.

10.2 Equipamentos utilizados

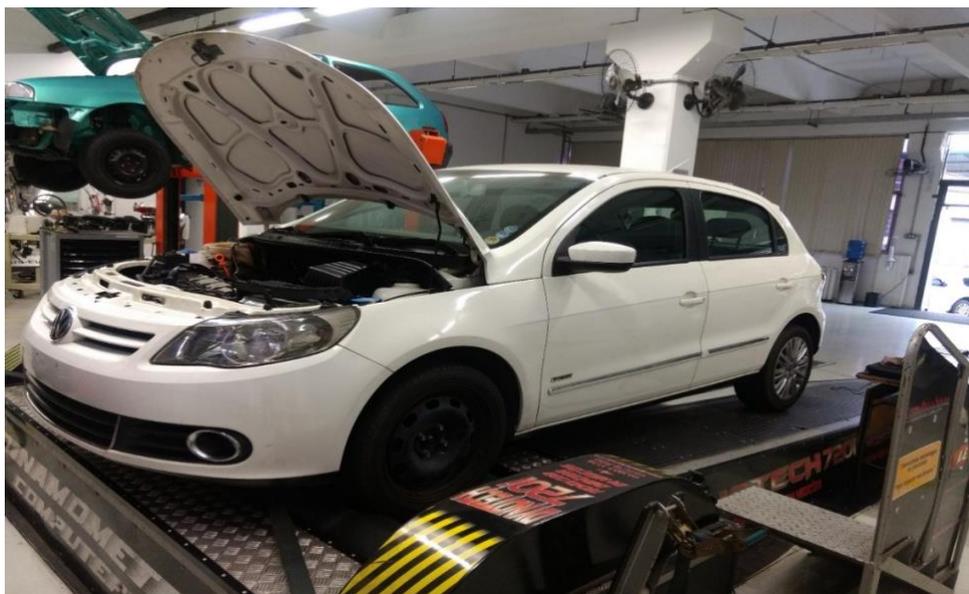
- Veículo de Teste;

Volkswagem GOL 1.6 8v TotalFlex, ano/modelo 2008/2008.

Especificações:

- Combustível: Gasolina/Etanol;
- Cilindrada [cm³]: 1598;
- Diâmetro dos cilindros x curso dos pistões [mm]: 76,5 x 86,9;
- Válvulas por cilindro/ Disposição/ n° de cilindros: 2/ em linha/ 4;
- Posição: Transversal;
- Potência máxima kW (cv) / rpm: Gasolina – 74 (101) / 5250
Etanol – 76 (104) /5250
- Taxa de compressão: 12,1 : 1;
- Formação de mistura: Injeção eletrônica multiponto Bosch ME 7.5.30.

Figura 12: Volkswagen Gol 1.6 Totalflex 2008.



Fonte: Autoria Própria.

- Dinamômetro de Rolo.

Dinamômetro utilizado para os testes, situado na Praça técnica da Faculdade de Tecnologia, Fatec Santo André.

- Fabricante: Dyno Tech;
- Modelo: 720i;
- Capacidade máxima; 320cv.

Figura 13: Dinamômetro de Rolo.



Fonte: Autoria Própria.

- Ventilador

Utilizado para o resfriamento do ar de admissão do motor do veículo de teste.

- Fabricante: DynoTech
- Modelo: 720i.

Figura 14: Ventilador.



Fonte: Autoria Própria.

- Termômetro infravermelho

Utilizado para determinar a temperatura dos pneus para condições de testes no Dinamômetro.

- Fabricante: Wurth;
- Modelo: WT-100.

Figura 15: Termômetro Infravermelho.



Fonte: Autoria Própria.

- Analisador de Gases

Aparelho de análise de emissões de gases poluentes.

- Fabricante: AVL;
- Modelo: Diagnostic 4000.

Figura 16: Analisador de Gases.



Fonte: Autoria Própria.

- Balança de Precisão

Balança utilizada para medição da variação de massa, do combustível utilizado nos testes.

- Fabricante: Eletronic Kitchen Scale;
- Modelo: SF-400;
- Capacidade: 10kg x 1g.

Figura 17: Balança de Precisão.



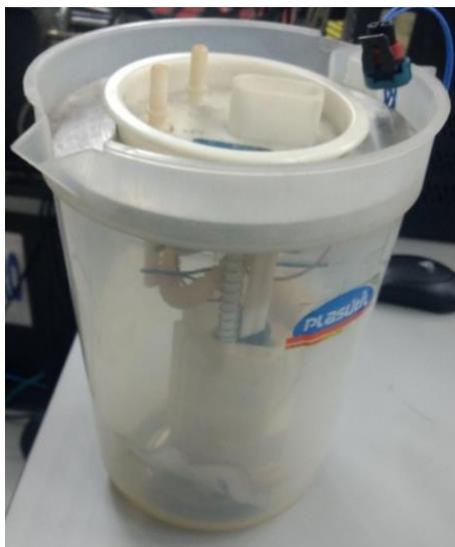
Fonte: Autoria Própria.

- Reservatório auxiliar de combustível

Reservatório auxiliar, adaptado para testes no veículo.

- Fabricante: Adaptado na Faculdade de Tecnologia Fatec Santo André;
- Capacidade: 5l.

Figura 18: Reservatório Auxiliar de Combustível.



Fonte: Autoria Própria.

10.3 Condicionamento de Teste

A etapa de condicionamento para iniciação dos testes, incluíram:

- Preenchimento do tanque auxiliar, com o combustível a ser testado;
- Posicionamento do veículo de teste no dinamômetro;
- Aferição da pressão dos pneus;
- Posicionamento das cintas de carga e direcionais na parte inferior do veículo;
- Alinhamento do veículo no dinamômetro em baixa velocidade;
- Travamento das cintas de carga e direcionais, no veículo;
- Calibragem da velocidade do veículo, determinada pela relação de transmissão do dinamômetro;
- Aquecimento do veículo (motor e transmissão) e pneus.

Após estabelecer esses requisitos, o veículo percorreu 5 km para reconhecimento do combustível em questão.

Na sequência, após o reconhecimento, foram efetivados três testes para cada tipo de combustível, observando suas curvas e variações, de potência e torque.

A troca de combustível foi realizada após o final dos três testes de cada combustível, novamente realizado o reconhecimento do combustível com anteriormente citado.

10.4 Procedimento de testes de Potência e Torque

O procedimento de testes, de potência e torque, foi efetuado de acordo com a norma ABNT NBR 1585, da seguinte forma:

- Efetuação do reconhecimento do combustível, percorrendo-se 5km;
- Confirmação da leitura do combustível através do aparelho diagnóstico, indicado pela leitura A/F;
- Troca de marchas gradativamente até a terceira marcha (3°), antes das 2000 rpm;
- Após o veículo alcançar as 2000 rpm em 3° marcha, iniciou-se os testes;

- Veículo atingiu 6000 rpm em cada teste; verificando temperatura ar logo ao final dessa aceleração;
- Verificação da atualização dos dados do teste pelo aparelho diagnóstico;
- Após três testes realizados com cada combustível, foi efetuada a troca de combustível;
- Realização do mesmo procedimento para cada combustível.

10.5 Resultados de Potência e Torque obtidos nos testes

Tabelas de potência e torque para cada combustível.

10.5.1 Gasolina Comum

A tabela a seguir, ilustra os valores obtidos no teste de potência e torque utilizando gasolina comum.

Tabela 3: Potência e Torque gasolina comum.

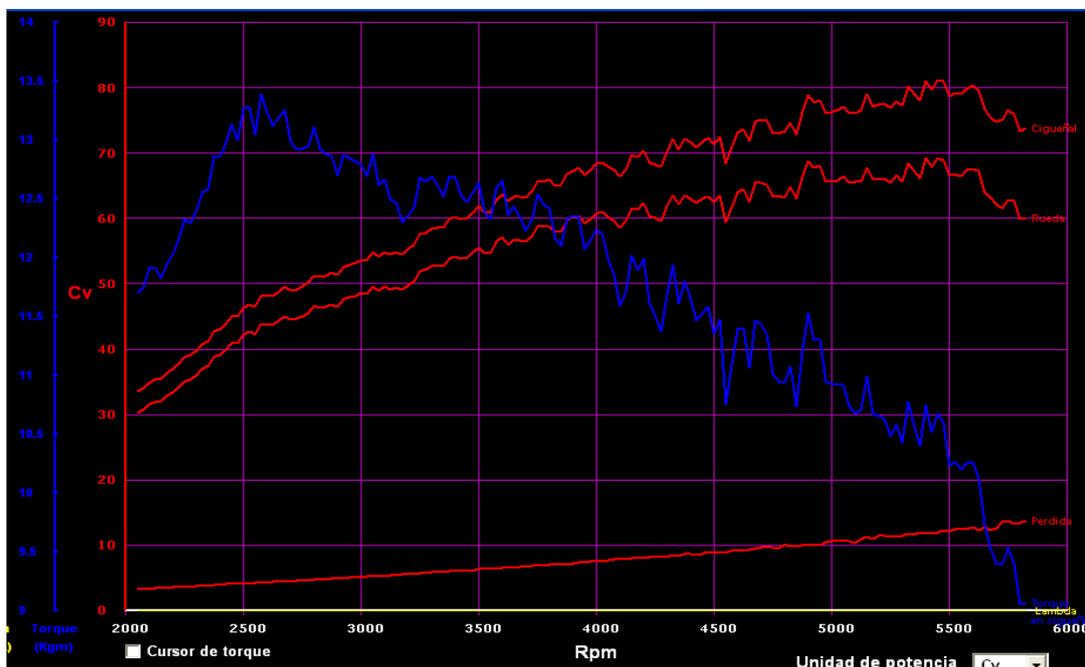
<u>Teste</u>	<u>Temp. amb.[°C]</u>	<u>Umid. %</u>	<u>Fator de correção</u>	<u>Temp. ar [°C]</u>	<u>Potencia [cv]</u>	<u>Rpm</u>	<u>Torque [kgm]</u>	<u>Rpm</u>	<u>Aceleração [s]</u>
1	23,9	61	1,0516	41	81,30	5450	13,39	2575	713,4
2	24,0	61	1,0533	38	82,00	5175	13,70	2575	696,4
3	24,1	61	1,0520	38	82,70	5425	13,75	2550	699,8
Laudo	24,0	61	1,0523	39	82,00	5350	13,61	2567	703,2
Dados corrigidos					86,30	5630	14,32	2701	668,0

Fonte: Autoria Própria.

Gráfico de potência e torque dos três testes com Gasolina Comum

- Teste 1

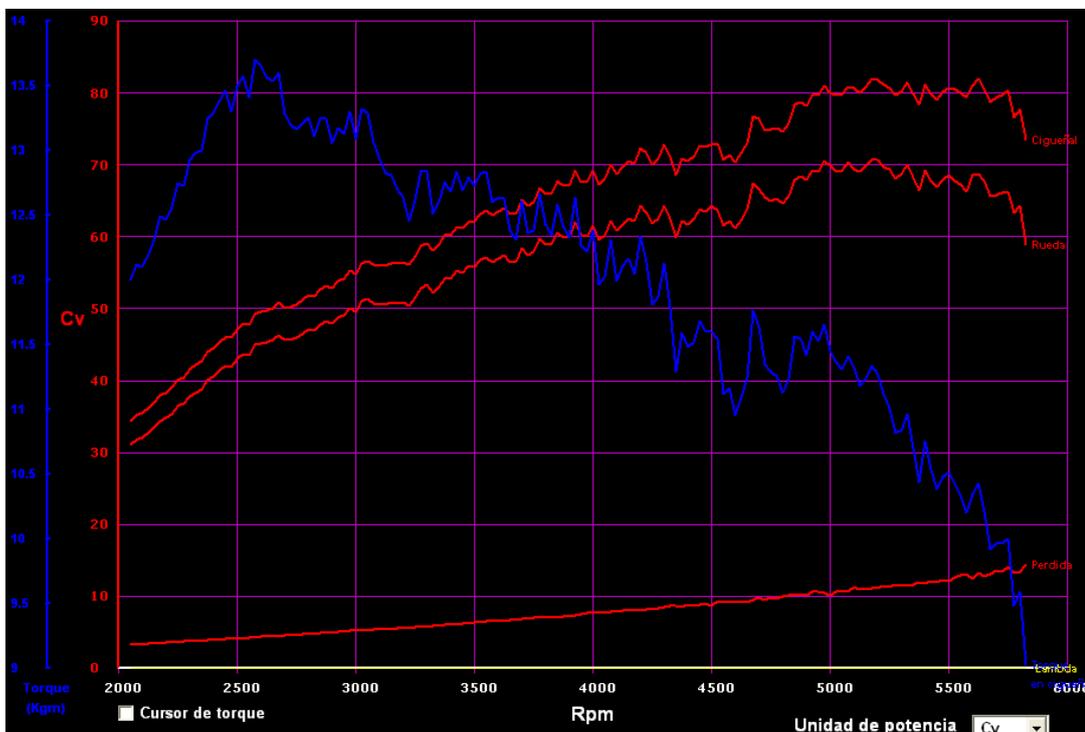
Figura 19: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 01.



Fonte: Autoria Própria.

- Teste 2

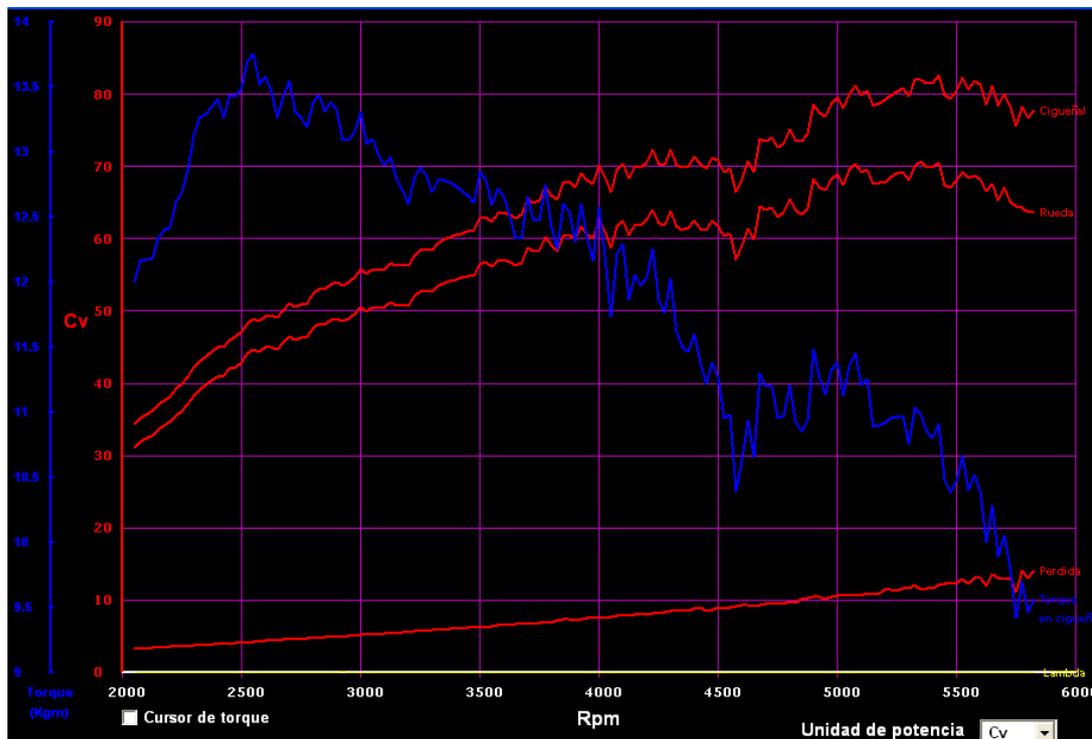
Figura 20: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 02.



Fonte: Autoria Própria.

- Teste 3

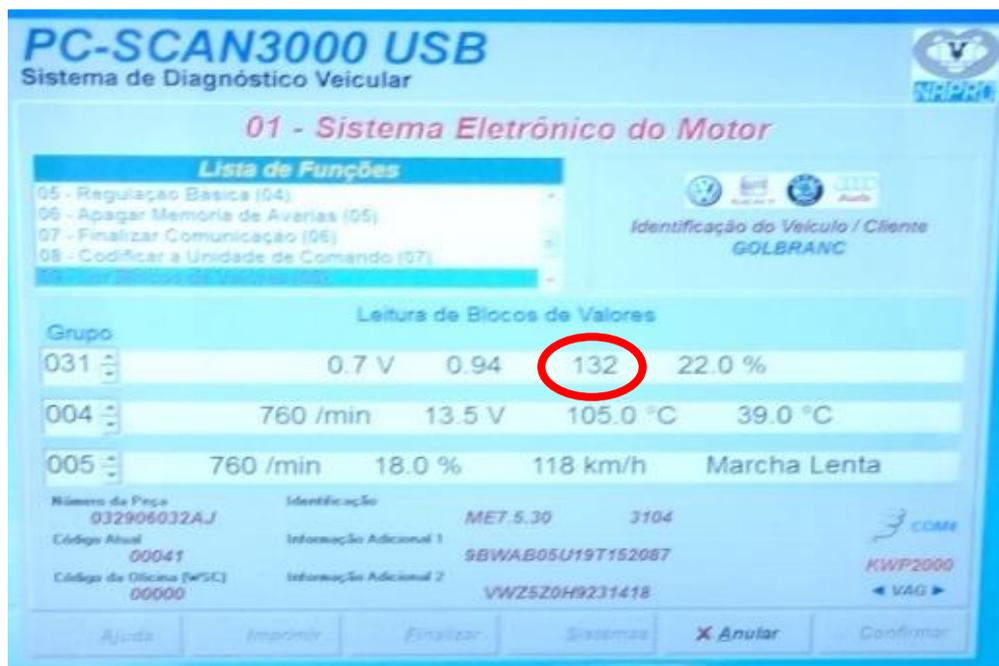
Figura 21: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 03.



Fonte: Autoria Própria.

Como observado na ilustração, o aparelho diagnóstico, inicialmente, reconheceu o combustível gasolina, como observado no código de indicação 132.

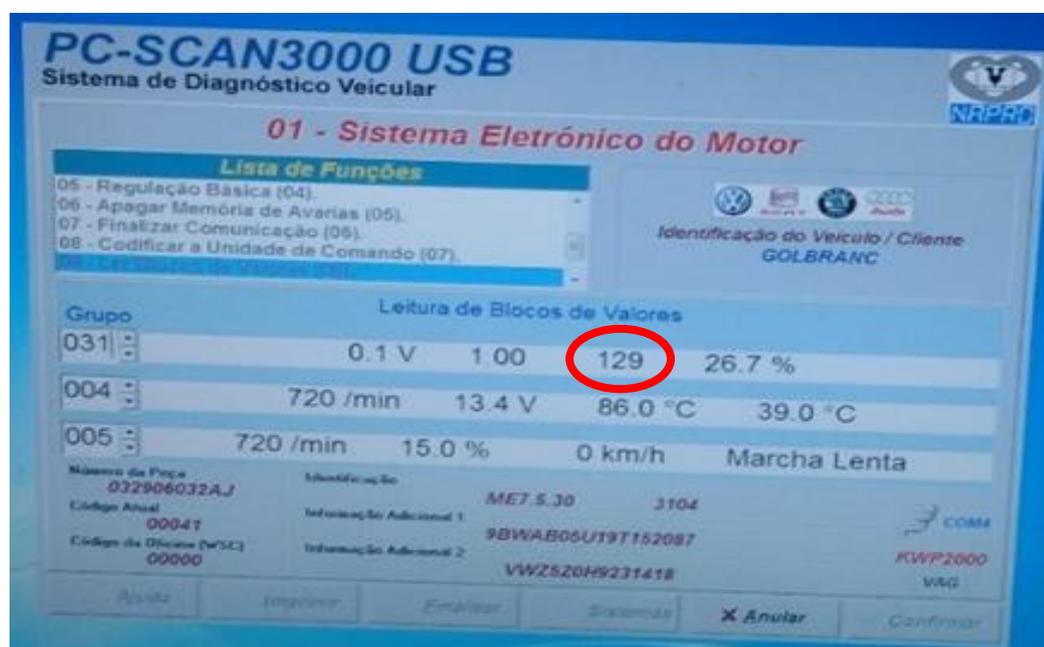
Figura 22: Foto tela aparelho diagnóstico.



Fonte: Autoria Própria.

Após o final dos testes com gasolina comum, o aparelho diagnóstico, indicou uma mudança de combustível, indicada pelo código 129, observado na ilustração.

Figura 23: Foto tela aparelho diagnóstico.



Fonte: Autoria Própria.

Suspeitando da alteração, indicada no aparelho diagnóstico, efetuamos a medição do teor de etanol, de acordo com a norma NBR 13992 10/1997. Foram constatados valores em desacordo com as especificações permitidas por lei, segundo a norma ANP N°40/2013.

Tabela 4: Teor de álcool dos combustíveis, gasolina comum e gasolina Podium.

<u>Combustíveis analisados</u>	<u>Teor de álcool</u>	<u>Teor de álcool permitido por lei</u>
Gasolina comum	31%	27%
Gasolina Podium	31%	25%

Fonte: Autoria Própria.

10.5.2 Gasolina comum + Aditivo Melhorador de Octanagem

A tabela a seguir, ilustra os valores obtidos no teste de potência e torque, utilizando gasolina comum misturada com aditivo melhorador de octanagem.

Tabela 4: Potência e Torque gasolina comum+aditivo.

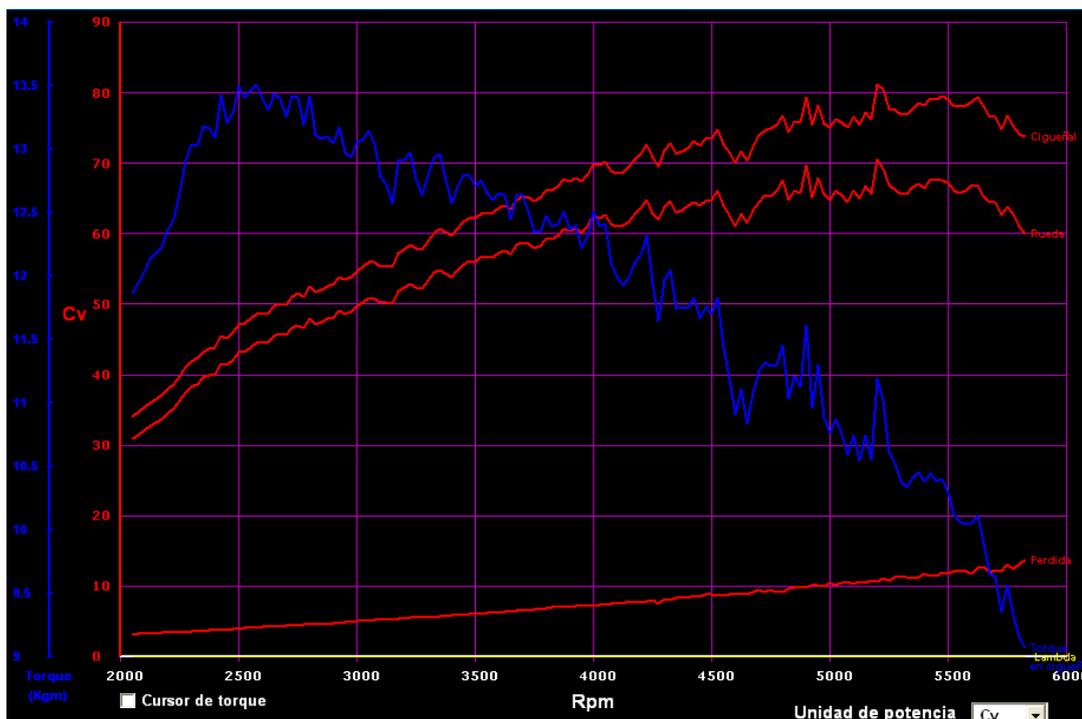
Teste	Temp. amb.[°C]	Umid. %	Fator de correção	Temp. ar [°C]	Potencia [cv]	Rpm	Torque [kgm]	Rpm	Aceleração [s]
1	24,1	63	1,0530	39,0	81,24	5200	13,51	2575	704,0
2	24,1	63	1,0520	38,0	81,39	5400	13,81	2600	712,5
3	24,1	63	1,0530	38,0	82,04	5475	13,65	2600	704,0
Laudo	24,1	63	1,0526	38,3	81,55	5358	13,66	2592	706,8
Dados corrigidos					85,84	5640	14,38	2728	744,0

Fonte: Autoria Própria.

Gráficos de potência e torque dos três testes com Gasolina Comum

- Teste 4

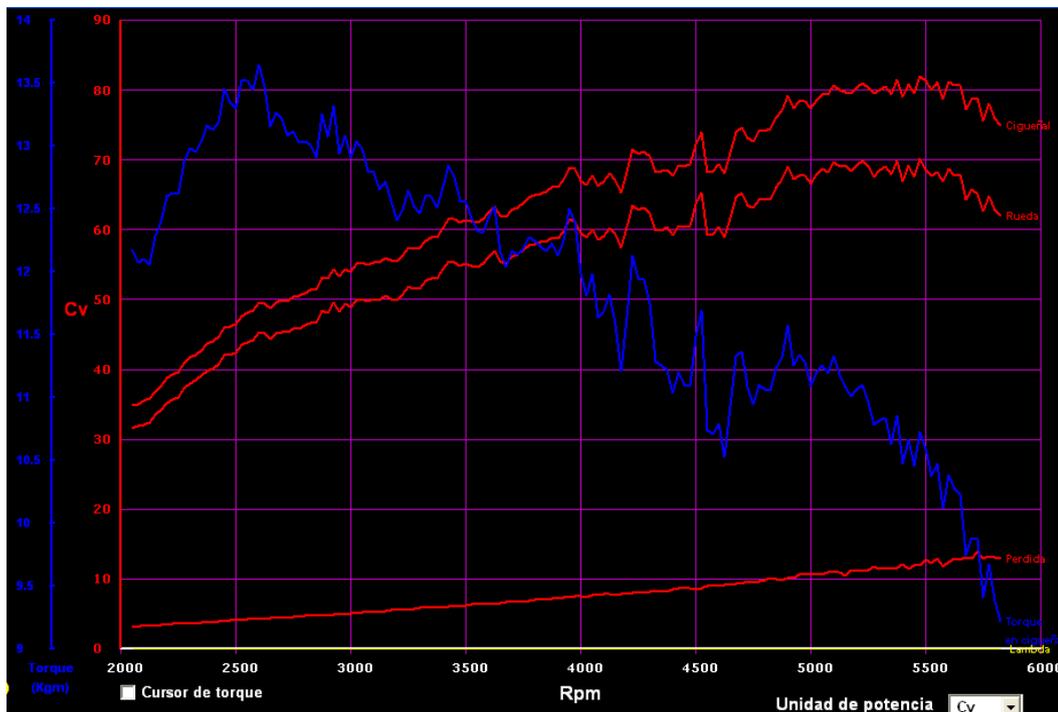
Figura 24: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 04.



Fonte: Autoria Própria.

- Teste 5

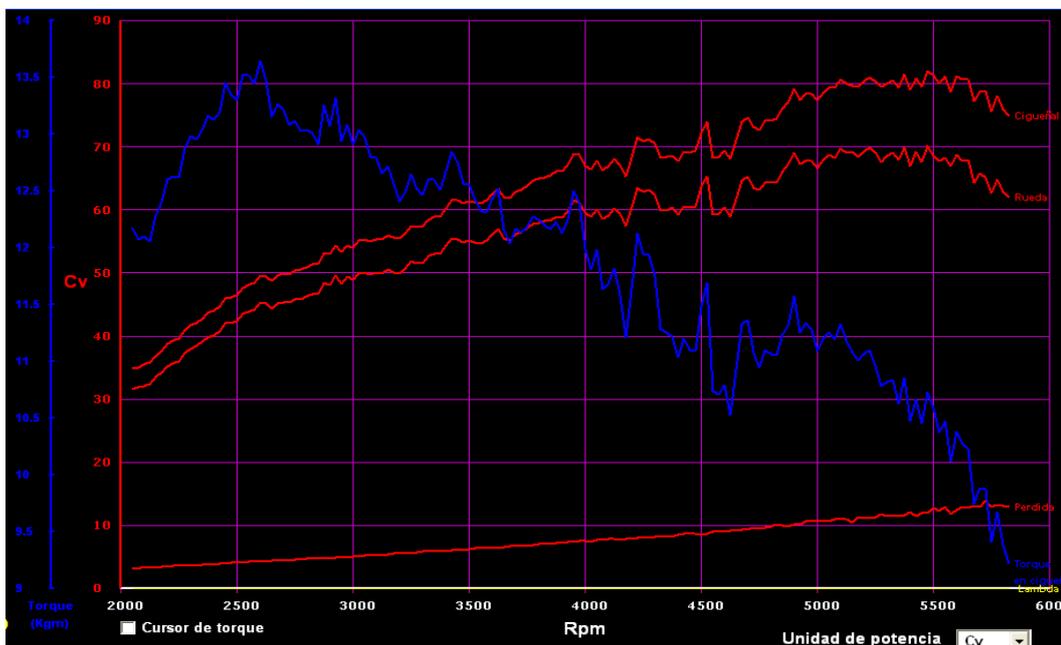
Figura 25: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 05.



Fonte: Autoria Própria.

- Teste 6

Figura 26: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 06.



Fonte: Autoria Própria.

Do início ao fim dos testes, com gasolina comum misturada com aditivo, manteve-se o código indicativo de gasolina, no aparelho diagnóstico.

Figura 27: Foto tela aparelho diagnóstico.



Fonte: Autoria Própria.

10.5.3 Gasolina Podium

A tabela a seguir, ilustra os valores obtidos no teste de potência e torque, utilizando Gasolina Podium.

Tabela 5: Potência e Torque gasolina Podium.

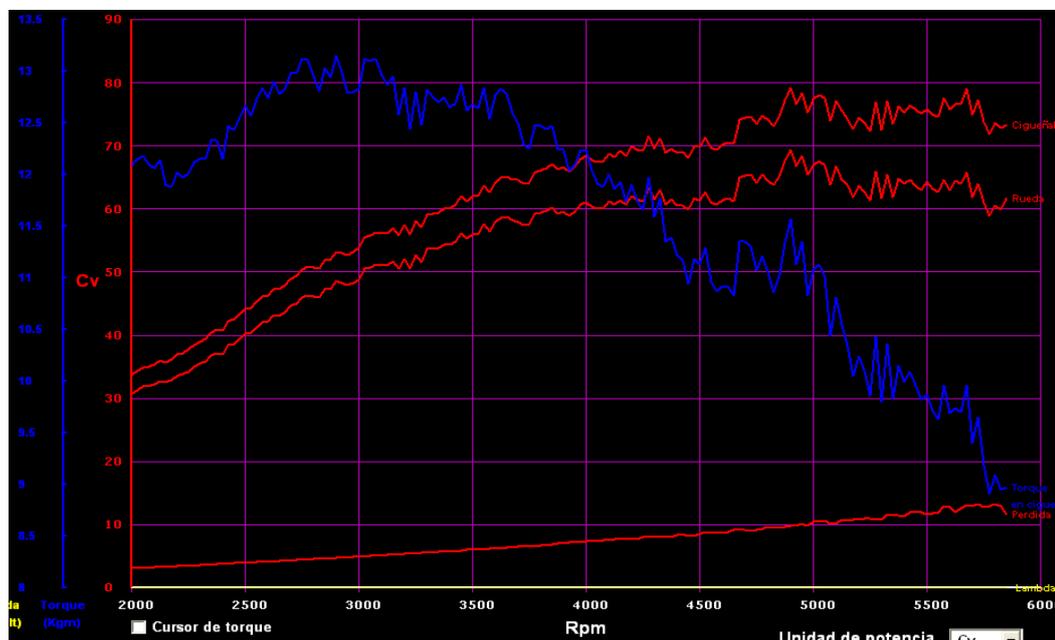
Teste	Temp. amb. [°C]	Umid. %	Fator de correção	Temp. ar [°C]	Potencia [cv]	Rpm	Torque [kgm]	Rpm	Aceleração [s]
1	27,1	48	1,0617	39	80,48	5625	13,36	2875	726,1
2	27,3	48	1,0621	39	79,21	4900	13,15	2900	738,0
3	27,4	48	1,0623	39	78,61	4875	13,27	2825	734,6
Laudo	27,3	48	1,0620	39	79,43	5133	13,26	2867	732,9
Dados corrigidos					84,35	5451	14,08	3045	778,3

Fonte: Autoria Própria.

Gráficos de potência e torque dos três testes com Gasolina Podium

- Teste 7

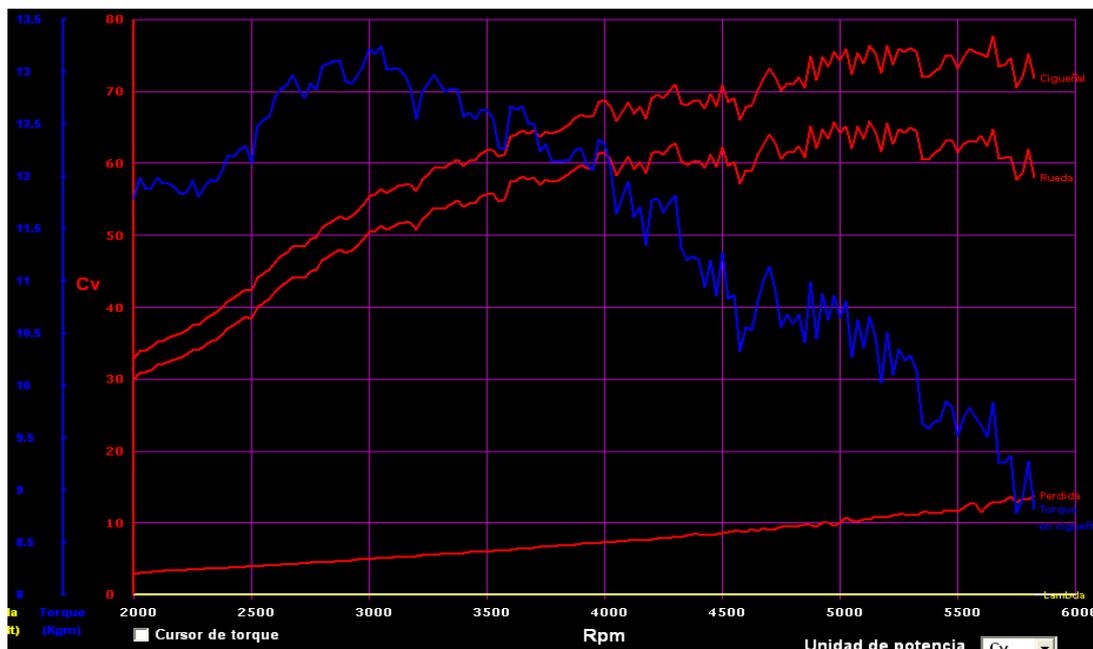
Figura 28: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 07.



Fonte: Autoria Própria.

- Teste 8

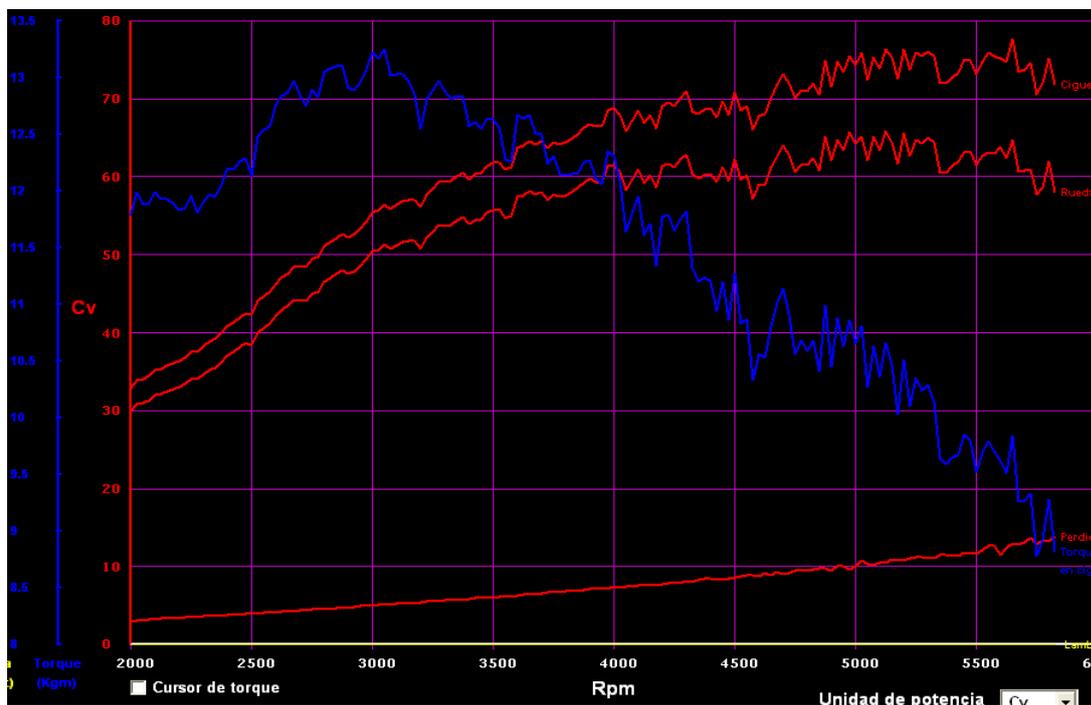
Figura 29: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 08.



Fonte: Autoria Própria.

- Teste 9

Figura 30: Gráfico de potência e torque Retirado do Dinamômetro de Rolo. Teste 09.



Fonte: Autoria Própria.

Como nos testes com gasolina comum misturada com aditivo, nos testes com Gasolina Podium, manteve-se o código referente a gasolina, no aparelho diagnóstico.

Figura 31: Foto tela aparelho diagnóstico.



Fonte: Autoria Própria.

- Comparativo de Dados de Potência e Torque.

Tabela 6: Comparativo de Potência e Torque dos três combustíveis.

Dados corrigidos de Potência e Torque				
	Potência [cv]	Rpm	Torque [kgm]	Rpm
Gasolina Comum	86,30	5630	14,32	2701
Gasolina Comum+Aditivo	85,84	5640	14,38	2728
Gasolina Podium	84,35	5451	14,08	3045

Fonte: Autoria Própria.

10.6 Procedimento de testes de Consumo e Emissões de gases

O procedimento de testes, foi efetuado de acordo com a norma ABNT NBR 7024 03/2010, da seguinte forma:

- Posicionamento da balança de precisão, na parte inferior do reservatório auxiliar de combustível;
- Efetuação do condicionamento do veículo de testes;
- Efetuação do reconhecimento do combustível;
- Posicionamento da sonda do aparelho analisador de gases, na saída de gases do escapamento do veículo;
- Verificação da massa inicial de combustível, no reservatório auxiliar, através da balança de precisão;
- Efetuação de teste de rodagem a 2800 rpm, durante 10km, à 97km/h, em 5ª marcha;
- Verificação da massa final no reservatório auxiliar de combustível;
- Verificação de emissões de gases no aparelho analisador de gases.

Para obtenção dos valores de consumo, estabelecemos uma variação de massa dos combustíveis, em gramas (g), com a mesma distância percorrida (10km).

Calculo de variação de massa;

$\Delta = \text{Variação da massa}$

$m\theta = \text{Massa inicial}$

$mf = \text{Massa final}$

$$\Delta = m\theta - mF$$

Após a verificação da variação, com a ajuda do orientador do projeto, obtivemos a densidade dos combustíveis, através da obtenção da variação de massa e densidade dos combustíveis, conseguimos calcular o volume em litros (L).

Calculo de volume em litros (L).

$D = \text{Densidade}$

$m = \text{massa}$

$v = \text{Volume}$

$$D = \frac{m}{v}$$

Sabendo-se os valores, de distância percorrida e variação dos combustíveis em Litros, foi possível descobrir a autonomia do veículo com cada combustível em quilômetros por litro (km/L).

Cálculo da autonomia do veículo;

$$A = \text{Autonomia} \left(\frac{km}{L} \right)$$

$V = \text{volume (L)}$

$$V(L) \text{ — } 10(Km)$$

$$1(L) \text{ — } A \left(\frac{Km}{L} \right)$$

$$A \left(\frac{Km}{L} \right) = \frac{10(Km) \cdot 1(L)}{V(L)}$$

Após os cálculos de autonomia, pode-se também estabelecer o custo benefício de cada combustível testado.

Calculo de custo benefício;

$$X = \text{Preço por Kilometro} \left(\frac{R\$}{Km} \right)$$

$$A = \text{Autonomia} \left(\frac{Km}{L} \right)$$

$$P = \text{Preço por litro} \left(\frac{R\$}{L} \right)$$

$$P(R\$/L) \cdot A(Km/L)$$

$$X(R\$/km) \cdot 1 \left(\frac{Km}{L} \right)$$

$$X(R\$/km) = \frac{P(R\$/L) \cdot 1(Km/L)}{A(Km/L)}$$

10.7 Resultados de consumo de combustível obtido nos testes

Com os resultados dos cálculos da autonomia em quilômetros por litro (km/L) e custo benefício, pode-se montar uma tabela para comparação entre os três combustíveis utilizados.

Tabela 7: Comparação de autonomia entre os combustíveis utilizados.

Tipo de combustível	Gasolina comum	Gasolina Podium	Gasolina comum+Aditivo
Massa [g]	290	280	311
Densidade [g/cm ³]	0.720	0.730	0.720
Volume [L]	0.403	0.383	0.432
Autonomia [Km/L]	24.8	26.1	23.1
Preço por litro [R\$/L]	R\$ 3,99	R\$ 5,17	R\$ 4,49
Preço por quilômetro percorrido [R\$/Km]	R\$ 0,16	R\$ 0,20	R\$ 0,19

Fonte: Autoria Própria.

10.8 Resultados de emissões obtidos nos testes

Os testes de emissões, foram realizados juntamente com os teste de consumo, através do Aparelho analisador de gases.

Este aparelho possui uma sonda que vai presa na ponta do escapamento do veículo, que mede e identifica os gases, efetuando as leituras de CO e CO₂ em percentual (%) de volume do total amostrado e de HC em ppm (partes por milhão) emitidos no decorrer dos testes.

10.8.1 Monóxido de Carbono (CO)

O CO é o resultado da queima incompleta ou parcial do combustível, na câmara de combustão. Geralmente ocorre uma maior emissão de CO, quando a mistura ar-combustível é uma mistura rica, ou seja, há excesso de combustível ou falta de oxigênio.

10.8.2 Dióxido de Carbono (CO₂)

É a resultante da combinação de uma molécula de carbono com duas de oxigênio, durante o processo de combustão. Ou seja, seu percentual indica uma queima perfeita do combustível na câmara de combustão.

10.8.3 Hidrocarbonetos (HC)

Os hidrocarbonetos são a quantidade de combustível não queimado na câmara de combustão. Todos os motores emitem pequenas quantidades de HC, já que não é possível queimar completamente o combustível durante a combustão. Pois quando há a explosão dentro da câmara a frente de chamas atinge as paredes do cilindro que são sempre mais frias, o que faz ocasionar essa pequena quantidade de combustível sem queimar. Quando há um nível elevado de HC é sinal de que existem falhas na combustão.

Figura 32: Quantidade de poluentes dos três combustíveis, respectivamente representados (Gasolina comum [A], Podium [B], Comum+Aditivo [C] no aparelho analisador de gases.



Fonte: Autoria Própria.

Através dos resultados obtidos pode se montar uma tabela para comparação da quantidade de gases poluentes emitidos com cada combustível.

Tabela 8: Comparação de emissões entre os combustíveis analisados.

Tipo de Combustível	Gasolina Comum	Gasolina Podium	Gasolina Comum+Aditivo
CO [%vol]	0,09	0,05	0,06
CO ₂ [%vol]	9,4	6,1	8,2
HC [ppm]	6	6	4

Fonte: Autoria Própria.

11 CONCLUSÕES

Após o término dos testes, concluiu-se que, quanto à desempenho, o combustível que obteve o melhor resultado em termos de Potência, foi o combustível Gasolina Comum, enquanto o melhor resultado obtido de Torque, foi com o combustível Gasolina comum com Aditivo melhorador de octanagem. A Gasolina Podium ficou com a última colocação, quanto à desempenho. A potência obtida nos testes com gasolina comum, se mostrou em destaque comparada aos outros combustíveis, decorrente de uma maior variação na temperatura do ar, isso modificou a mistura ar combustível.

O que possibilitou essa modificação, foi a presença elevada do teor de álcool no combustível, possibilitando maior entrada de ar no momento dos testes.

Nos testes de consumo, o combustível que obteve o melhor resultado, quanto à autonomia, foi a Gasolina Podium, porém, com seu alto custo, comparado ao custo os outros dois combustíveis utilizados, não foi possível obter melhor custo benefício, ficando com a última colocação. O combustível com melhor custo benefício foi a Gasolina Comum, seguido pela Gasolina Comum com Aditivo Melhorador de Octanagem.

Em termos de emissões de poluentes, foram analisados 3 tipos de poluentes, CO, CO₂ e HC. O combustível que obteve a melhor performance, foi a Gasolina Podium, conquistando em dois quesitos (CO e CO₂), a menor taxa de emissões, ficando atrás da Gasolina Comum com Aditivo, apenas em emissões de HC. O combustível com pior resultado em emissões de poluentes, foi a Gasolina Comum.

O que permitiu que a gasolina Podium fosse o destaque em emissões, foi sua estrutura, mesmo alterada com um teor elevado de álcool, mantém sua alta octanagem, possibilitando uma melhor queima do combustível.

Outro ponto positivo, que auxilia numa baixa emissão de poluentes, é seu baixo teor de enxofre.

Também pode-se observar neste projeto, como o motor flex auxilia na adaptação e estreitamento, dos combustíveis utilizados, em termos de performance. O motor flex, possibilita um bom aproveitamento de diferentes combustíveis, adaptando dessa forma, o quanto de oxigênio é permitido para se obter uma boa mistura ar-combustível.

12 BIBLIOGRAFIA

BOSCH, R.. Manual de Tecnologia Automotiva. Tradução da 25ª edição alemã. São Paulo, SP: Editora Edgard Blücher Ltda, 2005.

BOSCH, R. Manual de tecnologia autoimotiva. 25. ed. Tradução de Helga Madjiderey et al. São Paulo: Dgard Blücher, 2010.

MARTIN, J. Motores de combustão interna. Université Catholoquede Louvain. UCL. TERM., 2008.

BRUNETTI, F. ; GARCIA, O.. Motores de Combustão Interna Vol. 1. 2ª Edição. São Paulo, SP: Instituto Mauá de Tecnologia, 1992.

BRUNETTI, F. ; GARCIA, O.. Motores de Combustão Interna Vol. 2. 2ª Edição. São Paulo, SP: Instituto Mauá de Tecnologia, 1992

FAGGI, Rodrigo. Formação de Mistura Ar Combustível em Motores de ignição por Faísca a Quatro Tempos. 1ª Ed. São Caetano do Sul, Brasil. 2012

Bosch Grundlagen Fahrzeug- und Motorentchnik. 1ª Ed. Deutschland. Bosch Fachinformation Automobil. 2011

Gasolina Podium, Petrobras, Disponível em:
<http://gasolina.hotsistespetrobras.com.br/petrobras-podium/gasolina-podium>. Acesso em 20 de novembro de 2016.

BARATA, Juliano. Taxa de compressão: qual a sua importância para os motores?. Disponível em: <https://www.flatout.com.br/taxa-de-compressao-qual-asua-importancia-para-os-motores/>. Acesso em: 20 de novembro de 2016.

OCTANE BOOSTER ,STP, Disponível em:

http://www.petroplus.com.br/2014/portal/upload/arquivo_6.pdf. Acesso em 20 de novembro de 2016.

Posicionamento Velas de ignição, Abekwar, Disponível em:

<https://abekwar.wordpress.com/>. Acesso em 20 de novembro de 2016.

Gasolinas, Disponível em:

<http://manualdaquimica.uol.com.br/combustiveis/gasolina.htm>. Acesso em 20 de novembro de 2016.

Educação. (s.d.), disponível em:

<http://educacao.uol.com.br>:

<http://educacao.uol.com.br/disciplinas/quimica/quimica-do-automovel-1combustao-da-gasolina>. Acesso em 20 de novembro de 2016.

Petrobras. (s.d.), disponível em:

www.petrobras.com.br: <http://gasolina.hotsitespetrobras.com.br>. Acesso em 20 de novembro de 2016.

(2010). Dicionário. In: Michaelis, Dicionário Língua Portuguesa. São Paulo: Melhoramentos Ltda.

Anp Resoluções, disponível em:

www.anp.gov.br:

http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2013/outubro/ranp%2040%20-%202013.xml. Acesso em 04 de outubro de 2017.

Legislação Gasolina, disponível em:

<http://www.anp.gov.br/wwwanp/petroleo-derivados/155-combustiveis/1855-gasolina>.

Acesso em 04 de outubro de 2017.

Combustíveis fósseis, Unica. (s.d.), disponível em:

<http://www.unica.com.br/noticia/27251092920325965467/60-paises-jaadotam-mistura-obrigatoria-de-biocombustiveis-aos-combustiveis-fosseis/>. Acesso em 04 de outubro de 2017.

Combustíveis, Ufscar.(s.d.), disponível em:

<http://www.ccdm.ufscar.br/portal/index.php/combustiveis/ensaios-laboratoriais>.

Acesso em 27 de novembro de 2017.

Motor à combustão interna, disponível em:

file:///E:/motores_combustao_interna_e_seus_sistemas.pdf. Acesso em 10 de dezembro de 2017.

Ciclos de um motor 4 tempos, disponível em:

http://www.fem.unicamp.br/~franklin/ES672/pdf/mot_alternat.pdf. Acesso em 10 de dezembro de 2017.

Motores alternativos, disponível em:

www.mecanicaindustrial.com.br/738-uso-de-um-motor-alternativo/. Acesso em 10 de dezembro de 2017.

Motores rotativos, disponível em:

<https://www.flatout.com.br/como-funciona-o-motor-wankel/>. Acesso em 10 de dezembro de 2017.