



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA – CT  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA



Gil Colona Laranja

**DESEMPENHO DE UM VEÍCULO *FLEX* EM BANCADA  
DINAMOMÉTRICA DE CHASSI**

NATAL / RN

2010

GIL COLONA LARANJA

**DESEMPENHO DE UM VEÍCULO *FLEX* EM BANCADA  
DINAMOMÉTRICA DE CHASSI**

*Este trabalho corresponde à dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.*

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Cleiton Rubens Formiga Barbosa

**CO-ORIENTADOR:** Prof. Dr. Francisco Assis de Oliveira Fontes

GIL COLONA LARANJA

**DESEMPENHO DE UM VEÍCULO *FLEX* EM BANCADA  
DINAMOMÉTRICA DE CHASSI**

*Este trabalho corresponde à dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.*

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2010

---

Prof. Dr. Cleiton Rubens Formiga Barbosa  
Presidente da banca examinadora – Orientador – UFRN

---

Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira Fontes  
Co-orientador – UFRN

---

Prof. Dr. Luiz Guilherme Meira de Souza  
Membro da banca examinadora – UFRN

---

Prof. Dr. Marcelo Bezerra Grilo  
Membro externo da banca examinadora – UFCG

## DEDICATÓRIA

### ***A Mariana***

*Agradeço todos os dias a Jesus Cristo por ter me  
cedido esta gloriosa mulher para ser minha mãe.  
Mamãe você é a sinceridade e o amor que eu carrego  
desta vida, esteve comigo em todas as etapas desta  
jornada acadêmica, como forma de minha gratidão  
dedico mais esta conquista a você.*

## **AGRADECIMENTOS**

*A Deus, fonte de todo o conhecimento, por dar-me sabedoria e inteligência.*

*Aos meus pais: Gilson Gonçalves Laranja e Mariana Colona Laranja, por acreditarem em mim.*

*As minhas irmãs: Patrícia Colona Laranja e Priscila Colona Laranja, pelas palavras e pensamentos positivos.*

*Aos meus superiores e amigos do CTGAS-ER, por terem sido compreensivos comigo me ajudando na realização deste trabalho.*

*Ao Prof. Cleiton Rubens Formiga Barbosa, pelo grande apoio, incentivo e disponibilidade incondicional para a orientação, fundamental na realização deste trabalho.*

*Ao Prof. Francisco Assis de Oliveira Fontes, pela sua capacidade de dar sugestões e pelo incentivo, que foram de grande importância para o desenvolvimento deste trabalho.*

*A instituição patrocinadora UFRN-PPGEM pela oportunidade para realizar este trabalho.*

## RESUMO

Os veículos *flex* são equipados com um motor de combustão interna do ciclo Otto e têm como característica a capacidade de funcionar com mais de um tipo de combustível, misturados no mesmo tanque e queimados na câmara de combustão simultaneamente. Este tipo de motorização é uma tendência mundial devido à escassez do petróleo, a comercialização de vários tipos de combustíveis, aos avanços tecnológicos dos sistemas de gerenciamento eletrônico de combustível e às restrições às emissões de gases poluentes na atmosfera. No Brasil, os veículos *flex* são uma realidade, com destaque para os veículos alimentados com 20 a 25% do álcool anidro misturado com gasolina e os que utilizam gás natural ou o combustível líquido original (gasolina ou etanol hidratado). O FIAT SIENA *TETRAFUEL*, objeto da presente investigação, é equipado com uma única central eletrônica capaz de gerenciar os combustíveis líquidos ou gasoso. A pesquisa em tela teve como propósito a análise comparativa de desempenho (potência e consumo) de um veículo tetra-combustível simulando ciclos de condução urbano e de estrada em um dinamômetro de chassi, operando com os combustíveis: gasolina comum (tipo C), gasolina aditivada (tipo C), gasolina Podium (Premium), etanol (AEHC) ou gás natural (GNV). Foi necessário desenvolver bancada de testes e procedimentos de ensaios, como também conhecer o funcionamento do gerenciamento eletrônico do veículo em questão. Os ensaios foram realizados no Laboratório do Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis de acordo com a norma ABNT NBR 7024 - Veículos rodoviários leves – Medição do consumo de combustível. Os resultados dos ensaios de consumo específico com as gasolinas comum, aditivada e Podium resultaram em valores próximos, tanto no ciclo de condução urbano como também no ciclo de condução de estrada.

**Palavras-chave:** Motor *flex*. Gás Natural. Etanol. Gasolina. Dinamômetro de Chassi.

## ABSTRACT

Flex-fuel vehicles are equipped with Otto Cycle internal combustion engines and have the capability of functioning with more than one type of fuel, mixed at the same tank and burned in the combustion chamber simultaneously. This sort of motorization is a world pattern due to the scarcity of petroleum, the trade of several types of fuels, technology advances and the restriction imposed to gas emissions to the atmosphere. In Brazil, the Flex-fuel vehicles are a reality, specially the ones using fuel with 20 to 25% anhydrous alcohol mixed with gasoline and those that use natural gas or original liquid fuel (gasoline or hydrated ethanol). The Brazilian model Fiat Siena, the object of this present scientific investigation, is equipped with a unique electronic central capable of managing the liquid or gaseous fuels. The purpose of this research was to perform a comparative analysis in terms of performance (in terms of both potency and consumption) of a tetra-fuel vehicle - using a chassis dynamometer, operating with different fuels: common gasoline, premium gasoline, "Podium" gasoline, ethanol or natural gas. It became necessary to develop a bench of tests and trials procedures, as well as to know the functioning of the electronic management of the vehicle under analysis. The experiments were performed at the automotive laboratory in CTGAS-ER (Center of Gas Technologies and Renewable energies) at the light of Brazilian standard ABNT, NBR 7024: Light on-road vehicles - measurement of fuel consumption. The essay results on specific fuel consumption using common gasoline, premium gasoline and "Podium" gasoline have shown similar results, both for urban and road driving cycles.

**Keywords:** "Flex-fuel" Motor. Natural Gas. Ethanol. Gasoline. Chassis Dynamometer.

## SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	09
Lista de Tabelas.....	11
Lista de Nomenclaturas e Abreviações.....	12
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	16
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 Geral.....	16
1.2.2 Específicos.....	17
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>18</b>
2.1 MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA DO CICLO OTTO PARA VEÍCULOS <i>FLEX</i> .....	18
2.2 TECNOLOGIAS DOS VEÍCULOS <i>FLEX</i> .....	20
2.2.1 Gerações dos sistemas de GNV.....	23
2.2.1.1 Primeira geração.....	24
2.2.1.2 Segunda Geração.....	25
2.2.1.3 Terceira Geração.....	26
2.2.1.4 Quarta Geração.....	27
2.2.1.5 Quinta Geração.....	28
2.2.1.6 Sexta Geração.....	29
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>3 ESTADO DA ARTE.....</b>	<b>33</b>
3.1 PRINCIPAIS TRABALHOS.....	33
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>36</b>
4.1 INTRODUÇÃO.....	36
4.2 DESCRIÇÃO DO VEÍCULO.....	36
4.2.1 Ficha técnica.....	37
4.2.2 Características.....	38
4.2.3 Funcionamento.....	39
4.2.3.1 Autoadaptação.....	40

4.2.3.2	Autoaprendizado.....	42
4.2.3.3	Autodiagnose.....	43
4.2.3.4	Recovery.....	43
4.2.3.5	Sistema de partida a frio.....	43
4.2.4	<b>Componentes do sistema de GNV.....</b>	<b>44</b>
4.3	DESCRIÇÃO DA BANCADA.....	48
4.4	COMBUSTÍVEIS.....	57
4.5	PROCEDIMENTO DE ENSAIOS.....	58
4.5.1	<b>Potência máxima.....</b>	<b>58</b>
4.5.1.1	Execução do ensaio.....	62
4.5.2	<b>Consumo de combustível.....</b>	<b>63</b>
4.5.2.1	Execução do ensaio.....	68
4.5.3	<b>Cálculo do consumo.....</b>	<b>70</b>
4.5.3.1	Cálculo do consumo de combustível urbano.....	70
4.5.3.2	Cálculo do consumo de combustível em estrada.....	71
4.5.4	<b>Cálculo da autonomia.....</b>	<b>71</b>
4.5.4.1	Cálculo da autonomia para veículos movidos a gasolina e etanol.....	71
4.5.4.2	Cálculo da autonomia para veículos movidos a GNV.....	72
4.5.4.3	Cálculo da autonomia de combustível combinada.....	72
<b>CAPÍTULO V</b>		
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>75</b>
5.1	RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CONSUMO E POTÊNCIA.....	75
<b>CAPÍTULO VI</b>		
6	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>		
	REFERÊNCIAS.....	84
<b>APÊNDICES</b>		
	APÊNDICE A.....	87
	APÊNDICE B.....	88
<b>ANEXOS</b>		
	ANEXO A.....	90
	ANEXO B.....	97
	ANEXO C.....	99

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo II

Figura 2.1	Ford modelo T <i>flex</i> .....	20
Figura 2.2	Rampa injetora com vela de aquecimento.....	21
Figura 2.3	Sistema <i>Flex Start</i> .....	22
Figura 2.4	Indicação da resistência no painel de instrumentos.....	22
Figura 2.5	Eletoinjetores do Siena <i>Tetrafuel</i> .....	23
Figura 2.6	Segunda geração de <i>kit</i> GNV.....	26
Figura 2.7	Quinta geração de <i>kit</i> GNV.....	28
Figura 2.8	Esquema de funcionamento do sistema <i>tetrafuel</i> .....	29
Figura 2.9	Tipos de eletoinjetores.....	30
Figura 2.10	Sexta geração de <i>kit</i> GNV.....	31

### Capítulo IV

Figura 4.1	Siena <i>Tetrafuel</i> .....	37
Figura 4.2	Painel de instrumentos do Siena <i>Tetrafuel</i> .....	38
Figura 4.3	Fluxograma de funcionamento do Sistema <i>Tetrafuel</i> do Siena.....	40
Figura 4.4	Sistema de autoadaptação.....	41
Figura 4.5	Autoaprendizado.....	42
Figura 4.6	Cilindros de GNV.....	45
Figura 4.7	Válvula de abastecimento.....	46
Figura 4.8	Regulador de pressão.....	46
Figura 4.9	Eletoinjeter de um sistema de gás.....	47
Figura 4.10	Eletoinjeter de um sistema líquido.....	47
Figura 4.11	Tubulação de gás.....	48
Figura 4.12	<i>Layout</i> da bancada de testes.....	49
Figura 4.13	Dinamômetro de chassi.....	50
Figura 4.14	Tela principal do dinamômetro de chassi.....	50
Figura 4.15	Manômetro de combustível.....	52
Figura 4.16	Medidor de consumo de combustível.....	53

Figura 4.17 Balança de precisão digital .....	53
Figura 4.18 <i>Scanner</i> automotivo .....	54
Figura 4.19 Sistema de ventilação forçada .....	55
Figura 4.20 Sistema de exaustão .....	55
Figura 4.21 Adaptador do sistema de exaustão.....	56
Figura 4.22 Analisador de gás.....	56
Figura 4.23 Sonda coletora de gás .....	57
Figura 4.24 Gráfico do percurso do ciclo de condução urbano .....	63
Figura 4.25 Gráfico do percurso do ciclo de condução de estrada .....	64
Figura 4.26 Área frontal do Siena <i>Tetrafuel</i> no <i>Software AutoCad</i> .....	67
Figura 4.27 Fórmula do cálculo do consumo de combustível urbano .....	71
Figura 4.28 Fórmula do cálculo da autonomia de combustível combinada .....	72

## Capítulo V

Figura 5.1 Curva de potência utilizando o etanol .....	76
Figura 5.2 Curva de potência utilizando gasolina comum.....	77
Figura 5.3 Curva de potência utilizando gasolina aditivada .....	87
Figura 5.4 Curva de potência utilizando gasolina Podium .....	78
Figura 5.5 Curva de potência utilizando o GNV.....	78
Figura 5.6 Tela do <i>scanner</i> .....	79

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo IV

Tabela 4.1	Informações técnicas do Siena <i>Tetrafuel</i> .....	37
Tabela 4.2	Características dos combustíveis .....	58
Tabela 4.3	Parâmetros de entrada do <i>software</i> do dinamômetro.....	62
Tabela 4.4	Inércia equivalente em função da massa do veículo para ensaio.....	65

### Capítulo V

Tabela 5.1	Valores de cálculos de consumo.....	75
Tabela 5.2	Valores experimentais dos ensaios de potência.....	76

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP	Agência Nacional do Petróleo
ABEGÁS	Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado
CO	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTGAS-ER	Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis
FIRE	<i>Fully Integrated Robotized Engine</i>
FIAT	Fábrica Italiana Automóveis Turim
GNV	Gás Natural Veicular
HC	Hidrocarbonetos
IAD	Índice Antidetonante
MPI	<i>Multipoint Injection</i>
PPM	Partes Por Milhão
PROCONVE	Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores
SAE	<i>Society American Engineering</i>
SI	Sistema Internacional
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte

---

**Capítulo 1**  
**Introdução**

---

## Capítulo 1 - Introdução

A indústria automotiva vem crescendo rapidamente no mundo inteiro, lançando veículos para diferentes classes sociais, desde veículos considerados populares até os mais luxuosos. Os fabricantes para conseguirem uma maior fatia de mercado, desenvolvem os veículos com sistemas otimizados, com o objetivo de obter uma maior potência dos motores com menor consumo de combustível, visando sempre atender as normas de emissões de poluentes de cada país. Estes fatores são fundamentais para os consumidores, pois os combustíveis estão cada vez mais caros e há uma maior conscientização das pessoas por adquirirem produtos que causem menores efeitos nocivos ao meio ambiente.

Em 1973 aconteceu a primeira crise do petróleo, que resultou em preços altos e desabastecimento de gasolina em vários países, criando assim consciência sobre os perigos da dependência do petróleo. Esta crise abriu uma nova oportunidade para o uso do álcool (etanol) combustível, assim como para outros combustíveis alternativos, como o gás natural veicular (GNV).

Em 1980 o GNV começou a ser utilizado em veículos automotores leves no Brasil e se tornou muito atrativo aos consumidores, pelo valor monetário inferior ao da gasolina e do etanol, pelo menor consumo comparado aos combustíveis líquidos e pelos incentivos fiscais. Nesta ocasião, os veículos que eram adaptados para utilizar o GNV, funcionavam normalmente com os combustíveis líquidos e passava para o gasoso através de uma chave comutadora. No entanto, havia perda considerada de potência do motor e elevado acréscimo de peso na massa do veículo, relacionados, respectivamente, à baixa tecnologia dos kits e ao peso do cilindro de aço.

Em 2000 houve um crescimento de adaptações de veículos movidos a gasolina e a etanol para o GNV, devido ao preço atrativo comparado com o da gasolina e do álcool, do avanço da tecnologia dos kits de conversão e da ampliação das redes de postos de abastecimento. Em 2003 começaram a surgir os veículos *flex*, motivados por diretrizes do Governo Federal, em prol das empresas do setor agro-industrial de etanol. Em meados de 2010 a frota de veículos movidos a GNV chegou a 1.646.955 (GASNET, 2010).

Nos primeiros sete meses de 2010, a frota nacional de veículos bicombustíveis ganhou nada menos que 1.610.670 unidades. São 100 mil carros a mais que o total vendido no mesmo período de 2009 — um aumento de quase 7% (ABEGÁS, 2010). São vários os fatores que

justificam o aumento do número de veículos *flex* no Brasil, podendo-se citar, entre outros, a variedade de combustíveis disponíveis na maioria dos postos de abastecimento do país e a volatilidade relativa dos preços dos combustíveis. Os *flex* já são realidade no mercado brasileiro, referindo-se aos veículos que funcionam com qualquer proporção na mistura de gasolina e álcool combustível (etanol), armazenados no mesmo tanque.

No Brasil, os combustíveis comercializados para veículos automotores leves são: a gasolina comum (gasolina C), que não recebe nenhum tipo de aditivo ou corante, possuindo assim a coloração natural das gasolinas (incolor a amarelada), octanagem IAD = 87, teor de enxofre = 1000 ppm, com adição de álcool anidro conforme legislação vigente, que varia de 20 a 25%; gasolina aditivada (gasolina C aditivada), que se diferencia da gasolina comum pela presença de detergentes/dispersantes e adição de um corante que a deixa com cor esverdeada; gasolina Podium (gasolina A Premium aditivada), que possui octanagem superior a das outras gasolinas (IAD = 95), teor de Enxofre igual a 30 ppm, levemente a laranja devido ao corante laranja adicionado ao álcool anidro combustível (AEAC); e o álcool hidratado combustível (AEHC), que deve apresentar-se "límpido e incolor".

Os dois tipos de álcool etílico combustível são classificados pela ANP como Álcool Etílico Anidro Combustível (AEAC) - produzido no País ou importado pelos agentes econômicos autorizados para cada caso conforme características constantes no Regulamento Técnico e destinado aos Distribuidores para mistura com a gasolina A para formulação da gasolina C - e Álcool Etílico Hidratado Combustível (AEHC), produzido no País ou importado por agentes econômicos autorizados para cada caso, conforme características constantes no Regulamento Técnico, para utilização como combustível em motores de combustão interna de ignição por centelha.

Há uma tendência mundial de lançamentos de veículos que funcionem com mais de dois tipos de combustíveis. Além dos *flex*, há os veículos híbridos, que também possuem um motor de combustão interna, normalmente a gasolina, mais um motor elétrico que permite reduzir o esforço do motor de combustão interna e assim reduzir os consumos e as emissões resultantes da combustão. Portanto, estes veículos ainda são tendências no mercado brasileiro. Segundo Martinelli Junior (2002, p.07), Motores de combustão interna são máquinas térmicas motoras nas quais a energia química dos combustíveis se transforma em trabalho mecânico (o fluido de trabalho consiste nos produtos da combustão).

Atualmente a tecnologia evolui para a utilização do GNV, tornando-se similar aos dos combustíveis líquidos, resultando em menor perda de potência. Um outro fator é o desenvolvimento dos cilindros fabricados de materiais compósitos, considerados bem mais

leves do que os de aço. Algumas montadoras nacionais chegaram a lançar em modelos de veículo *flex* o sistema de GNV, mas o veículo Fiat Siena é o único a possuir uma única central eletrônica de gerenciamento de combustíveis líquidos e gasoso.

Essa dissertação é composta de 6 capítulos. O capítulo II é referente aos aspectos teóricos que fundamentam a compreensão do trabalho. No capítulo III é apresentado o estado da arte, onde estão os estudos relacionados ao tema. O capítulo IV mostra os aspectos relacionados à metodologia e matérias empregados para a realização desse trabalho teórico-experimental. No capítulo V, têm-se os resultados e discussões dos ensaios realizados. O capítulo VI mostra as conclusões obtidas.

## **1.1 Justificativa**

As montadoras de veículos submetem os veículos da linha de produção a diversos testes, como por exemplo: consumo, potência, emissões de poluentes, impacto (*crash test*). Estes testes são realizados em pistas de testes e em laboratórios. Através de um equipamento chamado dinamômetro de chassi, pode-se simular em laboratório condições reais de um veículo em percursos de condução urbano e de estrada. No entanto, para investigar experimentalmente o desempenho do veículo Siena *Tetrafuel* faz necessário desenvolver ensaios de consumo específico, de potência máxima e bancada de testes. Dessa forma, pode-se comparar os comportamentos dos combustíveis: gasolina comum, gasolina aditivada, gasolina podium, etanol e gás natural veicular, pois muito se comenta sobre o desempenho dos veículos *flex* utilizando vários combustíveis.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Geral**

Realizar ensaios de consumo específico e de potência máxima para investigar experimentalmente o desempenho do veículo tetra-combustível em um dinamômetro de

chassi, operando com os combustíveis: gasolina comum, gasolina aditivada, gasolina Podium, etanol ou gás natural.

### **1.2.2 Específicos**

1. Selecionar equipamentos necessários para realizar ensaios de desempenho de um veículo em dinamômetro de chassi;
2. Montar uma bancada de testes com equipamentos necessários para realizar ensaios de desempenho de um veículo em dinamômetro de chassi;
3. Realizar procedimentos de ensaios de potência máxima e consumo específico de acordo com a Norma NBR 7024 para veículos automotores leves;
4. Comparar resultados dos ensaios de potência máxima e consumo específico de um veículo utilizando os combustíveis: gasolina comum, gasolina aditivada, gasolina Podium, etanol ou gás natural veicular.

---

**Capítulo 2**  
**Fundamentação Teórica**

---

## Capítulo 2 – Fundamentação Teórica

### 2.1 Motores de combustão interna do ciclo Otto para veículos *flex*

Os motores de combustão interna são máquinas térmicas que transformam a energia química dos combustíveis em trabalho mecânico. O processo de conversão se dá através de ciclos termodinâmicos que envolvem expansão, compressão e mudança de temperatura de gases.

A definição de motores de combustão interna de acordo com Martinelli Junior (2002, p.7) São Máquinas Térmicas Motoras nas quais a energia química dos combustíveis se transforma em trabalho mecânico (o fluido de trabalho consiste nos produtos da combustão).

Em 1860, Jean Joseph Etienne Lenoir desenvolveu o primeiro motor de combustão interna. O seu trabalho foi experimental, onde observou o funcionamento de uma máquina a vapor. Dessa forma, desenvolveu um sistema de ignição para queimar uma mistura de ar e gás de iluminação.

Em 1863, o alemão Nikolaus August Otto aprimorou a máquina desenvolvida por Jean Joseph. Em 1870 com a ajuda de Eugene Langen, desenvolveu o primeiro motor a ser fabricado em escala industrial.

Em 1882, o alemão Gottlieb Wilhelm Daimler revolucionou a época com uma série de trabalhos e invenções que foram fundamentais para a evolução dos meios de transporte. Ele patenteou o primeiro motor de combustão interna, desenvolveu o carburador, adaptou um motor em uma bicicleta (o que provavelmente foi a primeira motocicleta), instalou um motor em uma carruagem, inventando provavelmente o primeiro automóvel movido por um motor de combustão interna.

Segundo Martinelli Junior (2002, p.4),

Edouard Sarain, especialista em “patentes”, ao tomar conhecimento do motor Daimler, conseguiu registrar a patente do mesmo na França. Levou esta ao conhecimento dos franceses Émile Levassor e René Panhard. Nas oficinas de Panhard e Levassor, o automóvel ganhou inovações que deram realmente a forma dos automóveis que hoje conhecemos.

Os automóveis atuais possuem características semelhantes ao automóvel de Panhard e Levassor, como por exemplo: motor dianteiro com tração nas rodas traseiras, caixa de mudanças e radiador.

O princípio de funcionamento dos motores de combustão interna dos anos de 1800 é o mesmo utilizado nos motores atuais. As diferenças estão nas tecnologias avançadas dos sistemas e materiais utilizados. Hoje as fábricas vêm inovando na utilização de materiais mais leves e resistentes, como na fabricação do cabeçote, cárter e coletor de admissão em alumínio, pistões com cerâmica, etc. O enorme avanço está no gerenciamento do sistema de alimentação, com a invenção e utilização da injeção eletrônica de combustível nos veículos.

Atualmente os veículos são fabricados de acordo com os recursos energéticos e a legislação de cada país. No Brasil, a gasolina, o etanol e o GNV são os combustíveis utilizados nos veículos automotores leves. Portanto, as tecnologias dos motores de combustão interna avançaram, proporcionando ao condutor abastecer com o combustível que lhe for mais conveniente.

Em 2003, a Fábrica da Volkswagen no Brasil lançou o primeiro veículo a funcionar com mais de um combustível ao mesmo tempo, no caso gasolina e etanol, em qualquer proporção. Praticamente todos os modelos fabricados no país saem equipados com motor flex.

São vários parâmetros que são modificados em um veículo *flex* quando comparado a um veículo movido a gasolina ou a álcool. A injeção de combustível é ajustada para queimar em qualquer proporção os combustíveis. O veículo com gerenciamento eletrônico facilita o processo, pois há um sensor no escapamento do veículo, conhecido como lambda, que envia um sinal elétrico à central eletrônica, indicando a presença de oxigênio nos gases resultantes da combustão. Desta forma, a central eletrônica através do cálculo da mistura estequiométrica, controla a quantidade de combustível que envia para o motor.

Cada combustível possui características diferentes, pois precisa de condições de funcionamento diferentes. A fabricação de um motor movido a etanol possui componentes com material apropriado, relação ar/combustível, taxa de compressão, velas e cabos de ignição, filtros, lubrificantes, bateria, etc. Todos os componentes são dedicados ao combustível utilizado. Em um motor movido a gasolina já são outros componentes e no caso do motor movido a GNV já são incluídos mais outros.

Os motores dedicados possuem menor complexidade comparada aos flex, pois dedicam todos os parâmetros para um único combustível. Já os motores *flex* precisam de ajustes minuciosos para funcionar em perfeitas condições em qualquer tipo e proporção de combustível utilizado, minimizando possíveis perdas.

## 2.2 Tecnologias dos veículos *flex*

O veículo *flex* é um veículo com um motor de combustão interna que funciona com mais de um tipo de combustível, misturados no mesmo tanque em qualquer proporção e queimados na câmara de combustão simultaneamente. O termo *flex* significa *flexible-fuel vehicle*.

O primeiro veículo *flex* comercial vendido no mundo foi o Ford modelo T, produzido desde 1908 até 1927. O automóvel era fabricado com um carburador de injeção ajustável que permitia o uso de gasolina, etanol ou uma mistura de ambos (EcoBioFuel, 2010). A Figura 2.1 mostra uma foto do Ford modelo T *flex*.

Figura 2.1 - Ford modelo T *flex*



Fonte: <http://www.ecobiofuel.ie/the-very-first-ethanol-flex-fuel-vehicle-the-ford-model-t-1908/>

Com a evolução dos sistemas de injeção eletrônica e as otimizações dos motores de combustão interna, os sistemas *flex* se tornaram mais eficientes. Em 2003, foi lançado o primeiro veículo *flex* nacional, o Gol 1.6 Total *Flex* do fabricante Volkswagen. Em 2008, surgiram no mercado outros veículos com a tecnologia *flex*. A Figura 2.2 mostra uma foto do Gol 1.6 Total *flex*.

Atualmente, os consumidores estão cada vez mais preocupados em adquirir produtos que agridam menos o meio ambiente. Portanto, as fábricas, para conseguirem uma maior fatia do mercado, vêm lançando os veículos multicomcombustíveis, conhecidos como “*flexfuel*”, com o *marketing* de ser um veículo ecologicamente correto.

Os veículos *flex* possuem um reservatório com capacidade de 2 litros aproximadamente, localizado no compartimento do motor. Este reservatório serve para colocar gasolina. Há alguns modelos de veículos em que o sistema de partida a frio, para ser acionado, necessita que o condutor acione uma espécie de botão localizado no painel de instrumentos. Outros já possuem um sistema de gerenciamento inteligente que injeta o combustível automaticamente, dependendo da necessidade.

A BOSCH recentemente lançou um sistema que substitui o reservatório de gasolina para partida a frio. É um sistema de aquecimento do combustível que é controlado através da central eletrônica, conhecido como *Flex Start*. O sistema é composto de uma rampa injetora com velas aquecedoras localizadas antes dos eletroinjetores, que aquece o combustível para ser injetado na câmara de combustão, na temperatura ideal para a combustão. A Figura 2.2 mostra a foto da rampa injetora com vela de aquecimento.

Figura 2.2 - Rampa injetora com vela de aquecimento



Fonte: <http://www.oficinabrasil.com.br/index.php/tecnologia/278-partida-a-frio-em-motores-flex-ja-e-realidade>

Além dos benefícios de partida, ainda é possível reduzir a poluição e suas conseqüências ao meio ambiente, proporcionando uma redução de até 40% na emissão de poluentes. A Figura 2.3 mostra o sistema *Flex Start* inventado pela BOSCH.

Figura 2.3 - Sistema *Flex Start*

Fonte: <http://www.oficinabrasil.com.br/index.php/tecnologia/278-partida-a-frio-em-motores-flex-ja-e-realidade>

O sistema *Flex Start* consiste também em trabalhar em conjunto com o motor de partida. Ao girar a chave no primeiro estágio, o condutor visualiza uma luz no painel de instrumentos do veículo com formato semelhante a uma resistência, semelhante ao sistema utilizado nos veículos movido a Diesel. Este sistema é altamente inteligente, pois quando o condutor dá a partida, o motor de partida fica funcionando somente o tempo necessário para o funcionamento do motor. O tempo necessário poderá ser maior em dias mais frios, abaixo dos 15°C. O aquecimento do combustível contido na rampa injetora é acionado somente quando a temperatura ambiente estiver em 15°C ou abaixo. A engenharia projetou o sistema para que o motor funcione perfeitamente a temperaturas ambientes de até 5°C negativos. A 0°C, são necessários cerca de 10 segundos para aquecer o combustível à temperatura ideal de trabalho, que segundo a engenharia da Volkswagen gira em torno de 80° a 120°C. Os dispositivos de aquecimento têm vida útil de 10 anos. A Figura 2.4 mostra a indicação da resistência no painel de instrumentos do veículo.

Figura 2.4 – Indicação da resistência no painel de instrumentos



Fonte: <http://www.oficinabrasil.com.br/index.php/tecnologia/278-partida-a-frio-em-motores-flex-ja-e-realidade>

Em 2009 a Volkswagen lançou o Pólo E-FLEX com o sistema *Flex Start*. Os fabricantes de sistemas automotivos Delphi e Marelli também dominam a nova tecnologia utilizada nos veículos *flex*.

O veículo nacional que detém a tecnologia mais avançada no mercado dos *flex* é o Siena *Tetrafuel* do fabricante FIAT, pois é um veículo que foi fabricado para funcionar com quatro tipos diferentes de combustível: gasolina sem adição de álcool, gasolina com adição de álcool, álcool combustível e gás natural veicular, onde todos os combustíveis são gerenciados por uma única central eletrônica. A Figura 2.5 mostra os eletroinjetores instalados diretamente no coletor de admissão do Siena *Tetrafuel*.

Figura 2.5 - Eletroinjetores do Siena *Tetrafuel*



### 2.2.1 Gerações dos sistemas de GNV

A adaptação de um veículo para uso do gás natural requer certo investimento, que varia de acordo com a tecnologia e qualidade dos equipamentos utilizados, mais conhecidos no mercado como “*kits*”. Existem diversos kits no mercado, que variam de acordo com a motorização do veículo, tecnologia do equipamento e valor monetário.

A tecnologia no mundo do GNV (Gás Natural Veicular) evolui a cada dia, com surgimentos de novos sistemas mais eficazes e eficientes, pois o mercado está cada vez mais exigente. Outro fator seria as questões ambientais com normas compulsórias, estabelecendo limites de emissões de poluentes. Somente os *kits* certificados podem garantir o

funcionamento correto do veículo com gás natural, atendendo às normas de emissões de poluentes. Os kits de conversão para GNV, para serem comercializados legalmente no mercado, devem possuir o Certificado Ambiental para Uso do Gás Natural em Veículos Automotores (CAGN), emitido pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), para cada modelo de conjunto de componentes do sistema de gás natural para veículos automotores, para cada tipo de motorização, e para cada combustível, nominal ao fabricante ou importador, com validade anual, podendo ser renovada, desde que cumpridos todos os procedimentos previstos na Resolução nº 291, de 25 de outubro de 2001.

No Brasil a tecnologia dos sistemas de gás para o uso automotivo evolui de forma surpreendente. Praticamente em uma década surgiram vários sistemas, que chamamos de gerações.

### **2.2.1.1 Primeira geração**

A primeira geração é um sistema considerado mecânico, utilizado mais em veículos carburados. O ajuste da mistura ar/gás (mistura estequiométrica) é realizado através de registros mecânicos, um para regular a marcha lenta e outro para outros níveis de rotações. A regulagem da marcha lenta é realizada no próprio redutor de pressão, que também é conhecido no mercado como regulagem da sensibilidade, e para outros níveis de rotações a regulagem é realizada através da válvula dosadora, também conhecida no mercado como parafuso de ajuste.

Este sistema utiliza um misturador (mesclador) instalado na parte superior do carburador, geralmente com função de restringir a passagem de ar, proporcionando uma mistura estequiométrica para o gás natural.

Basicamente esta geração limitava-se a um *kit* com poucos componentes, proporcionando uma baixa performance e praticamente ausente de componentes eletrônicos, apenas a chave comutadora. Suas principais características:

- Dedicados para veículos carburados;
- O ajuste da mistura (ar/gás) é feito através de registros mecânicos, um para a marcha lenta e outro para outros níveis de rotações;

- Sistema aspirado com misturador.

### 2.2.1.2 Segunda geração

Com o aumento do número de veículos adaptados para o uso do GNV, surgiu novas tecnologias. Este fator ocorreu pela exigência dos consumidores em adquirir um *kit* mais eficiente e pelas importações, geralmente oriundas da Argentina e Itália. Finalmente chegaram os eletrônicos no mercado nacional: variador de avanço, simulador de bicos e simulador ou emulador de sonda lambda ou de oxigênio.

Com a evolução das tecnologias dos sistemas de GNV, surge a segunda geração. Esta geração demorou algum tempo a consolidar no mercado, devido ao alto custo do *kit*. No entanto, o controle de emissões de poluentes, assunto discutido mundialmente, pressionava as autoridades para criação de legislação brasileira para o uso do GNV, tornado-se dessa forma, obrigatório a legalização dos *kits* pelos seus respectivos fabricantes. Os *kits* caracterizados de primeira geração não atenderam aos níveis de emissões estabelecidos pelo CONAMA, conseqüentemente, proibidos de serem comercializados. Porém, o mercado de GNV passou por uma turbulência, continuaram a serem comercializados *kits* de primeira geração junto com a eletrônica, conhecidos popularmente como “kit farofa”, geralmente montado com vários equipamentos de diversos fabricantes. As fiscalizações ficaram mais intensas, e esta prática acabou definitivamente com os “kits não homologados”, uma vez que, todos os veículos adaptados para o GNV passam por organismos de inspeção credenciados pelo INMETRO e não atendem a legislação brasileira para a utilização do GNV.

A segunda geração definitivamente foi consolidada no mercado brasileiro. Os preços dos *kits* tornaram acessíveis, devido à concorrência do mercado externo e a novos fabricantes nacionais. Com a segunda geração, o mercado de GNV ganhou credibilidade, e conseqüentemente, um número maior de unidades de veículos adaptados para a utilização do gás natural.

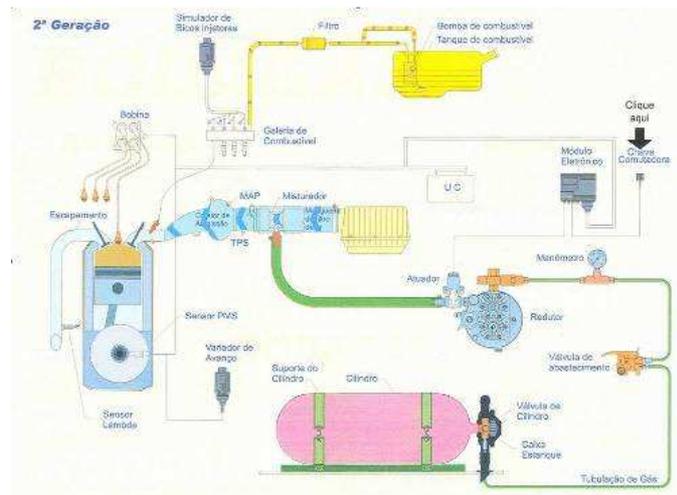
Esta geração teve influência significativa para a massificação do mercado de GNV, pois trouxe soluções tecnológicas de grande impacto para a utilização deste combustível. Nesta geração surgiu o gerenciador eletrônico, componente que faz uma afinação para a utilização do gás natural através de um atuador, mais conhecido como “motor de passo”. Na

geração anterior, esta afinação era realizada mecanicamente pelo técnico através de um componente conhecido como “válvula dosadora”. Após varias baterias de testes, o técnico conseguia obter uma regulagem satisfatória. A Figura 2.6 mostra um sistema de segunda geração de *kit* GNV.

Principais características de um *kit* de segunda geração:

- Dedicados para veículos com sistema de injeção eletrônica de combustível;
- O controle da mistura (ar/gás) é feito eletronicamente através do módulo de controle e executado por um atuador eletromecânico;
- Sistema aspirado com misturador.

Figura 2.6 – Segunda geração de *kit* GNV



Fonte – <http://www.globogasbrasil.com.br/tag/2%C2%AA-geracao/>

### 2.2.1.3 Terceira geração

Com a massificação da utilização do GNV, os fabricantes de *kits* investiram na eletrônica para minimizar a perda de potência do motor, fator crítico analisado pelo mercado. Esta geração trouxe como novidade mais um atuador eletromecânico, sendo este responsável pela afinação do gás na marcha lenta, pois na geração anterior a regulagem era realizada mecanicamente no próprio redutor. Esta geração foi fundamental para concretizar o uso deste combustível.

Outros fatores contribuíram para a massificação do GNV, como por exemplo, o surgimento de Fábricas de *kit* no Brasil com tecnologia nacional, desta forma diminuindo a dependência dos componentes importados e conseqüentemente tornando-se os preços mais atrativos para o consumidor.

São as principais características de um *kit* de terceira geração:

- Utilizada em veículos com sistema de injeção eletrônica de combustível;
- O controle da mistura (ar/gás) é feito eletronicamente através do módulo de controle e executado por dois atuadores eletromecânicos;
- Sistema aspirado com misturador.

#### **2.2.1.4 Quarta geração**

Finalmente surge a injeção eletrônica nos sistemas de GNV, com a tecnologia dos *kits* caracterizados de 4º geração. O grande “vilão” dos *kits* das gerações anteriores: o misturador (mesclador) deixou de ser importante na adaptação do veículo para o combustível gasoso. O misturador restringia o ar aspirado pelo motor para proporcionar uma melhor mistura ar/gás, no entanto, quando o usuário utilizava o combustível original (líquido) do veículo, o motor perdia uma quantidade significativa de potência. Um fator interessante é que alguns usuários por falta de conhecimento afirmavam que o veículo tinha um melhor desempenho utilizando o GNV em relação ao combustível original, mas facilmente o mito era percebido quando retirava o misturador.

Portanto, o *kit* de 4º geração deixou de ser um sistema aspirado para ser um sistema de pressão positiva, ou seja, o motor não necessita “sugar” o ar para o interior do motor, pois o redutor de pressão proporciona um fluxo contínuo de injeção do gás.

Principais características desta geração:

- Dedicado para veículos com sistema de injeção eletrônica de combustível;
- O controle da mistura (ar/gás) é feita eletronicamente através do módulo de controle e executado por dois atuadores eletromecânicos;
- Injeção de fluxo contínuo.

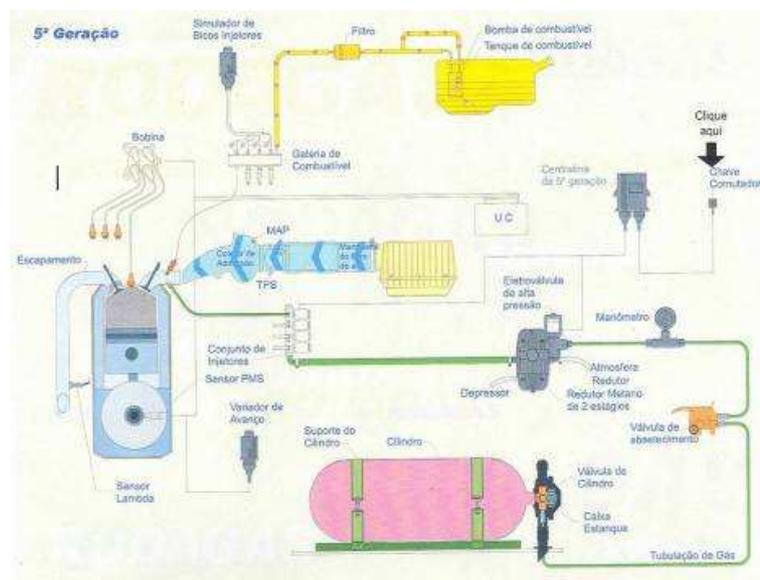
### 2.2.1.5 Quinta geração

A quinta geração apresenta as mesmas características da 4ª geração, diferenciando por ser um sistema inteligente com gerenciamento de injeção eletrônica seqüencial. Nesta geração aparecem os eletroinjetores, que são instalados no coletor de admissão, de forma seqüencial, sendo um para cada cilindro. A variação de ponto (avanço) de distribuição é configurada para trabalhar em qualquer faixa de rotação e depressão de coletor, igual ao sistema utilizado nos veículos que utilizam o combustível líquido. Todos estes ajustes podem ser feitos em tempo real com resposta imediata do motor dependendo do regime de trabalho. Esta geração de *kits* é mais eficiente que as anteriores, pois proporciona ao motor do veículo uma performance satisfatória ao utilizar o GNV e minimiza drasticamente as perdas e inconvenientes ao utilizar o combustível original do veículo. A Figura 2.7 mostra um sistema de quinta geração de *kit* GNV.

Principais características de um *kit* de quinta geração:

- Dedicado para veículos com sistema de injeção eletrônica de combustível;
- O controle da mistura (ar/gás) é feito eletronicamente através do módulo de controle e executado por válvulas injetoras (eletroinjetores) instalados diretamente no coletor de admissão;
- Sistema de injeção seqüencial.

Figura 2.7 - Quinta geração de *kit* GNV



Fonte – <http://www.globogasbrasil.com.br/tag/5%C2%AA-geracao/>

### 2.2.1.6 Sexta geração

O sistema de sexta geração é considerado atualmente o “top” na linha de *kits* de GNV. Este sistema permite o veículo à opção de rodar com quatro combustíveis: gasolina sem adição de álcool (disponíveis em alguns mercados), gasolina com adição de álcool (disponível no Brasil), álcool combustível ou GNV.

Os veículos com sistema *tetrafuel* possuem uma central eletrônica que faz a leitura dos quatro combustíveis e identifica qual é a melhor opção de acordo com a rotação do motor, com a finalidade de adquirir uma melhor performance com menor consumo de combustível. Em situações normais o motor utilizará o GNV, sempre que houver gás no cilindro, no entanto, no caso de uma aceleração de emergência ou necessidade extrema de potência, será usado o combustível líquido, seja ele qual for, que estiver no tanque. A Figura 2.8 mostra um esquema de funcionamento do sistema *tetrafuel*.

A Figura 2.8 - Esquema de funcionamento do sistema *tetrafuel*



Fonte: Folder da Magneti Marelli

A central eletrônica do sistema de sexta geração gerencia duas galerias de eletros injetores (flautas), sendo que cada uma tem quatro válvulas injetoras para alimentar o motor. Uma galeria injeta o combustível no estado líquido (álcool, gasolina e nafta) enquanto a outra

faz a injeção do gás, quando necessário. A Figura 2.9 ilustra os dois tipos de eletroinjetores, um para os combustíveis líquidos e o outro somente utilizado para o gasoso.

Figura 2.9 – Tipos de eletroinjetores



Fonte: Folder da Magneti Marelli

O reservatório de combustível (tanque) para o combustível líquido é o mesmo para receber o álcool hidratado; a gasolina brasileira, que tem álcool anidro; e a gasolina pura. Para o combustível gasoso é utilizado o mesmo reservatório das gerações anteriores, o cilindro de GNV.

O sistema *tetrafuel* considerado um *kit* de sexta geração possui uma característica em relação às gerações anteriores: o acionamento automático do GNV. As gerações anteriores necessitam de uma chave comutadora para mudar do combustível líquido para o gasoso e vice e versa, pois neste sistema o comando é realizado pela central eletrônica.

Principais características de um *kit* de sexta geração:

- Única central eletrônica para combustíveis líquidos e para o gasoso;
- Injeção digital de gás;
- Sistema inteligente. Caso ocorra irregularidade em um dos componentes, o próprio sistema escolherá o melhor combustível para ser utilizado e a melhor estratégia para que o motor não deixe de funcionar;
- Sistema implantado nos veículo na própria montadora.

A Figura 2.10 mostra um sistema de sexta geração de *kit* GNV. . A legenda ao lado descreve os componentes deste sistema.

Figura 2.10 - Sexta geração de *kit* GNV



- 1 Centralina
- 2 Reservatório de partida a frio
- 3 Válvulas De controle de partida a frio
- 4 Sensor Integrado de temperatura e pressão – TMAP
- 5 Injetores IWP (líquido)
- 6 Sensor de rotação do motor
- 7 Sensor de temperatura de água do motor
- 8 Reservatório de combustível líquido
- 9 Reservatório de GNV
- 10 Sensor de detonação
- 11 Sonda Lambda
- 12 Bobina
- 13 Injetor IPG (Gás)
- 14 Regulagem de pressão de gás

Fonte: Folder da Magneti Marelli.

---

**Capítulo 3**  
**Estado da Arte**

---

## Capítulo 3 – Estado da Arte

### 3.1 Principais Trabalhos

Conforme Melo (2007) os motores a combustão interna continuarão sendo nos próximos anos a principal forma de propulsão dos veículos, com as devidas mudanças tecnológicas, no sentido de atender as normas vigentes de redução das emissões de poluentes e de adequação ao uso de combustíveis alternativos. A partir da década de 2000, houve um aumento de forma mais significativa das pesquisas para redução do consumo de combustível dos veículos, o que pode minimizar as emissões de dióxido de carbono e sua contribuição para o aumento do efeito estufa.

O Brasil, país líder de tecnologia mundial no uso de energia renovável em veículos, lançou em 2003, a tecnologia *flex* para os veículos do ciclo Otto (BUCCI et al., 2003, MARSON et al., 2003), permitindo que os mesmos possam operar tanto com gasolina E22 (gasolina com álcool anidro adicionado em 20 a 25%), quanto com álcool hidratado, em qualquer percentual de mistura desses combustíveis. Com relação ao desempenho desses veículos, muitas pesquisas estão sendo realizadas no país no sentido de se conseguir melhores resultados de desempenho e de consumo (AMORIM et al., 2005a, AMORIM et al., 2005c, VICENTINI et al., 2005, BAÊTA, 2006).

Há uma tendência no mercado nacional de desenvolvimento de veículos multicompostíveis (gasolina, etanol e GNV). Vários estudos foram realizados nos últimos anos para desenvolvimento dessa tecnologia, (AMORIM et al., 2005a, MORIM et al., 2005b, AMORIM et al., 2005c, BAÊTA, 2006). Em agosto de 2006, foi iniciada a comercialização do primeiro modelo multicompostível do país produzido por montadora, veículo Siena *Tetrafuel* da FIAT.

No Brasil o uso do GNV está concentrado na aplicação em veículos leves, uma vez que a aplicação em veículos pesados ainda encontra barreiras técnicas, comerciais e operacionais (MACHADO et al., 2005, MELO et al., 2005, MELO et al., 2006b).

BUCCI et al. (2003) estudaram uma metodologia de programação da central eletrônica do veículo de forma a eliminar a necessidade de um sensor físico para a medição do percentual de álcool na gasolina de um motor do tipo *flex*. O trabalho conclui que a estratégia

adotada pelo programa foi capaz de prever com precisão o percentual da mistura, substituindo assim a necessidade de instalação de sensor físico para instantes de partida a frio do motor.

AMORIM et al. (2005a, 2005b, 2005c) realizaram diversos estudos experimentais em um motor FIRE da FIAT, do tipo *flex*, equipado com kit de GNV de 5ª geração e com uma central programável da injeção eletrônica. Em um dos trabalhos, AMORIM et al. (2005a), avaliaram o desempenho do motor em carga máxima, respeitando-se o valor de lambda informado pelo fabricante, para gasolina, álcool e GNV. As calibrações (mapas do motor) foram feitas para cada um dos combustíveis. Dentre os resultados obtiveram-se diversas curvas otimizadas com a melhor relação entre torque, potência e consumo específico de cada um dos combustíveis.

Em outro trabalho (AMORIM, et al. 2005b), foram feitos experimentos e ajustes de otimização para uso do GNV no motor FIRE com diferentes valores de taxa de compressão (11:1, 12,5:1 e 15:1). O trabalho conclui que o desempenho do GNV com taxas de 12:5 e 15:1 é bem superior ao obtido com a taxa de 11:1. Não foram encontradas diferenças significativas entre o desempenho com taxas das taxas de 12,5:1 e 15:1, entretanto a taxa 15:1 apresenta um menor consumo específico, o que se traduzem maior eficiência energética.

Em mais um artigo com o motor FIRE, AMORIM et al. (2005c) realizaram experimentos com gasolina (com 25% de álcool anidro), álcool hidratado (com 6% de água), mistura de 50% gasolina e 50% de álcool e GNV. O objetivo do trabalho era mostrar as diferenças de desempenho entre os combustíveis para uma taxa de compressão fixa de 11:1. O melhor resultado de potência foi obtido com o álcool hidratado, que apresentou o pior resultado de consumo. O GNV apresentou o melhor resultado de consumo específico entre os combustíveis testados.

No entanto, há vários parâmetros a serem estudados em relação à influência dos diferentes combustíveis comercializados no desempenho e consumo dos motores multicompostíveis. Os trabalhos realizados envolviam motores *flex* adaptados para o GNV, ao contrário de um trabalho utilizando um motor dedicado para funcionar com combustível líquido e gasoso. De acordo com Melo (2007) atualmente, o uso de motores multicompostíveis (gasolina, etanol e gás natural) possui aplicação crescente no mercado brasileiro, não existindo até o momento muita literatura técnica publicada na área de modelagem desses motores.

---

**Capítulo 4**  
**Materiais e Métodos**

---

## Capítulo 4 - Materiais e Métodos

### 4.1 Introdução

Neste capítulo, serão apresentadas as metodologias utilizadas nos experimentos realizados no Laboratório Automotivo do Centro de Tecnologias do Gás e Energias renováveis (CTGAS-ER).

Inicialmente, foi montada uma bancada de teste e selecionado os equipamentos necessários para realizar os ensaios de consumo específico e potência máxima de um veículo automotor leve no Laboratório Automotivo do CTGÁS-ER. Os equipamentos utilizados foram: manômetro de pressão, medidor de consumo de combustível, balança de precisão digital, scanner automotivo, sistema de ventilação forçada, sistema de exaustão e analisador de gases.

Simultaneamente a montagem da bancada, foi realizado troca de óleo lubrificante, filtro de óleo, filtro de combustível, filtro de ar, alinhamento de direção, balanceamento de rodas e adaptado uma sonda no coletor de escapamento para coleta das emissões resultantes da combustão do veículo.

Finalmente foram treinados dois técnicos para utilização do dinamômetro e realização dos ensaios, onde foram realizados vários testes de ensaio. As etapas foram discutidas e realizadas em grupo de trabalho, envolvendo técnicos do CTGAS-ER e Professores da UFRN.

### 4.2 Descrição do veículo

O veículo utilizado neste trabalho é um veículo automotor leve, equipado com um motor 1.4 MPI (*Multipoint Injection*) de combustão interna de quatro cilindros em linha, oito válvulas, como mostra a Figura 4.1. Este veículo foi lançado como um veículo “*tetrafuel*” pelo fabricante, isto é, que pode funcionar com 4 (quatro) tipos de combustível, gasolina sem adição de álcool (disponíveis em alguns mercados), gasolina com adição de álcool (disponível no Brasil), álcool combustível ou GNV.

Figura 4.1 – Siena *Tetrafuel*

#### 4.2.1 Ficha técnica

A tabela 4.1 mostra as principais informações a respeito do veículo Siena *Tetrafuel* 1.4.

Tabela 4.1 – Informações Técnicas do Siena *Tetrafuel*

SIENA TETRAFUEL	Gasolina com adição de álcool	Gasolina sem adição de álcool	Álcool	GNV
Taxa de compressão	10,35	10,35	10,35	10,35
Potência máxima	80,0 cv / 58,9 kW (5500 RPM)	80,0 cv / 58,9 kW (5500 RPM)	81,0 cv / 59,6 kW (5500 RPM)	68,0 cv / 50,1 kW (5500 RPM)
Ciclo	OTTO			
Número de cilindros	4	4	4	4
Número de válvulas por cilindro	2	2	2	2
Capacidade de combustível	48 litros	48 litros	48 litros	6,5 m <sup>3</sup> (cada cilindro) a pressão de 200 bar
Velocidade em 4 <sup>o</sup> marcha	135 km/h	135 km/h	135 km/h	135 km/h

## 4.2.2 Características

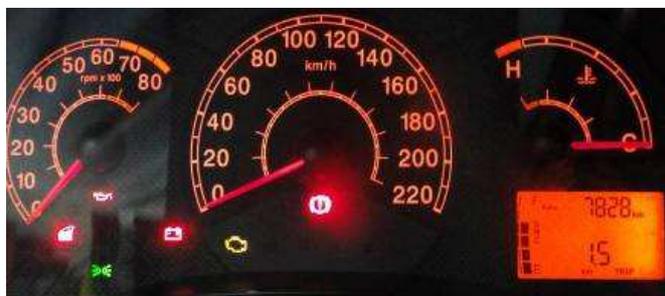
O Siena *Tetrafuel* é um veículo projetado e fabricado para funcionar com o combustível gasoso, pois otimiza os sistemas utilizado nas adaptações realizadas no mercado de GNV.

O sistema possui características de um *kit* de 6ª geração, pois possui uma única central eletrônica para gerenciar combustível líquido e gasoso. É um sistema inteligente, pois muda automaticamente de combustível de acordo com o regime de trabalho. Um outro fator importante, é de possuir eletroinjetores para o gás, onde o combustível é injetado diretamente no coletor de admissão do motor do veículo.

O projeto do Siena *Tetrafuel* possui diferenças em relação ao Siena convencional, pois os componentes do motor foram preparados com tratamentos e revestimentos resistentes para o funcionamento do GNV. O cabeçote do motor foi totalmente modificado, as sedes de válvulas de admissão e de escapamento passam de 45° para 60° e um novo coletor admissão para a instalação dos eletros injetores de gás. A carroceria sofreu alterações, como reforço estrutural para receber os suportes e cilindros de GNV e a suspensão com molas específica que mantém as condições estáticas e dinâmicas do veículo.

As características do Siena *Tetrafuel* são modificações realizadas na Fábrica. As modificações não restringem apenas ao motor do veículo, como também ao painel de instrumentos, como mostra a Figura 4.2. Outros veículos quando adaptados para o GNV, faz modificações em oficinas especializadas.

Figura 4.2 – Painel de instrumentos do Siena *Tetrafuel*



No canto esquerdo da Figura 4.2 mostra o marcador de combustível. Quando o veículo estiver funcionando com o GNV, aparecem as barrinhas na vertical indicando o nível de combustível. Se o nível de gás for inferior a 20% nos cilindros, será visualizada no *display* a

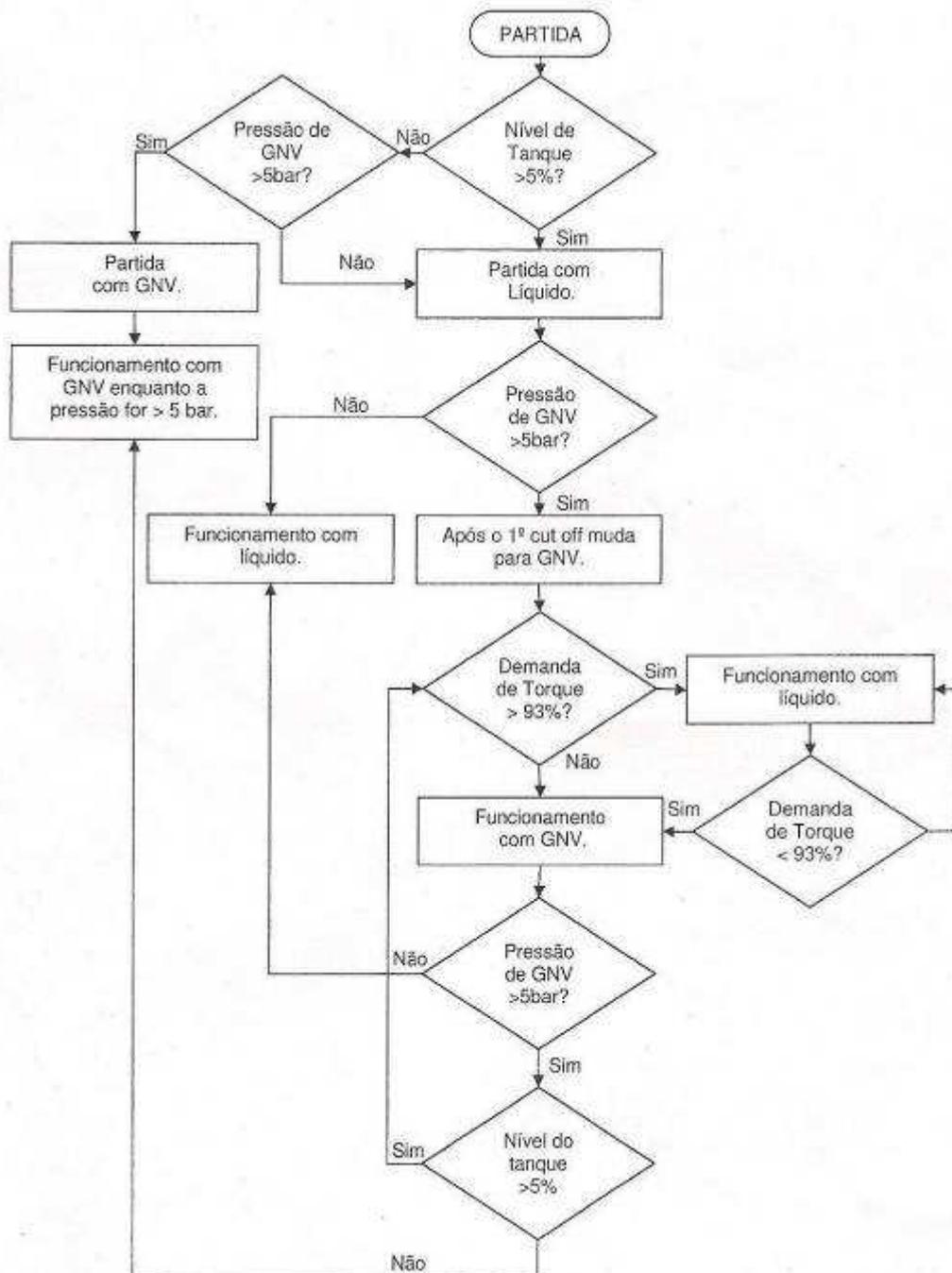
mensagem de “Atenção: pouco combustível”. Quando a autonomia do combustível líquido for inferior a 50 km e o nível de GNV for inferior a 20%, será visualizada no *display* a mensagem de “Atenção: autonomia limitada”.

### **4.2.3 Funcionamento**

O Siena *Tetrafuel* sempre vai dar partida com o com o combustível líquido e em seguida passará a utilizar o GNV. No funcionamento com GNV, os eletroinjetores de combustível líquido são desligados, cortando o fornecimento para o motor. Com o combustível líquido cortado, o sistema de GNV entra em funcionamento.

Na fase de aceleração, para evitar perda de desempenho do veículo, a central eletrônica habilita, automaticamente, o funcionamento com o combustível líquido, toda vez que for necessário um torque mais elevado, como nos casos de ultrapassagem ou subidas muito elevadas, principalmente se estiver com o ar condicionado ligado. Ao desacelerar, o sistema retorna, automaticamente, ao funcionamento com GNV. Esta estratégia será desabilitada quando o combustível líquido entrar na reserva. O fluxograma da Figura 4.3 mostra a lógica de funcionamento do veículo.

No caso específico do Siena *Tetrafuel*, projetado para priorizar o combustível gasoso, o condutor pode manipular o sistema para funcionar com qualquer combustível. Na falta do combustível gasoso o Sistema passa a funcionar com o combustível líquido que estiver disponível no reservatório.

Figura 4.3 – Fluxograma de funcionamento do Sistema *Tetrafuel* do Siena

### 4.2.3.1 Autoadaptação

A central eletrônica do Siena *Tetrafuel* possui o sistema chamado de autoadaptação. A autoadaptação é a capacidade que a central eletrônica possui de se ajustar a pequenas

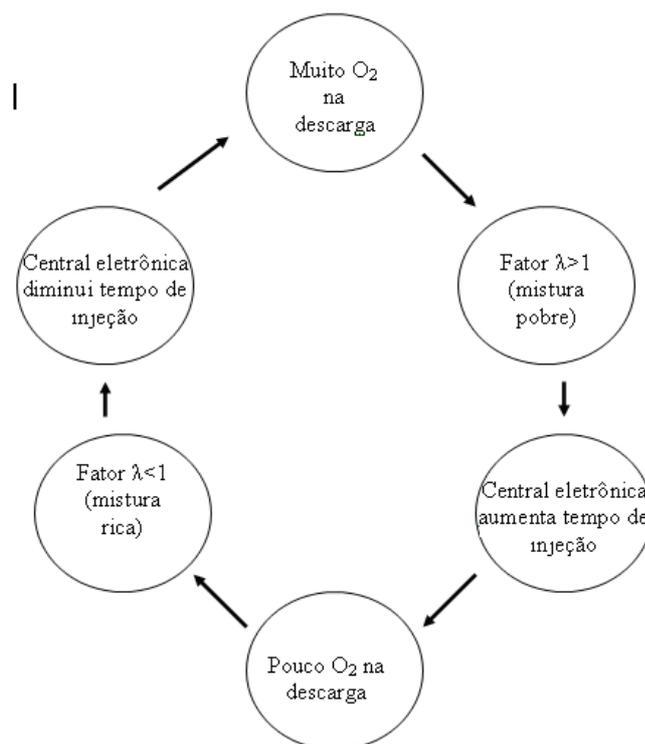
tolerâncias de fabricação e ao envelhecimento dos componentes do motor. A Figura 4.4 ilustra este tipo de controle.

Este tipo de controle que opera em função dos gases de escapeamento através da sonda lambda, que utiliza dois tipos de métodos:

- “*Close loop*” (circuito fechado) – A quantidade de combustível que é injetada na câmara de combustão é determinada em função do teor de oxigênio residual nos gases de escape. Este método é adotado para garantir a máxima eficiência do conversor catalítico e o menor consumo possível de combustível.
- “*Open loop*” (circuito aberto) – A quantidade de combustível é determinada experimentalmente em laboratório, onde a melhor dosagem é gravada na memória do sistema. Este método é adotado para garantir o máximo desempenho do motor do veículo em condições de plena carga e regime transitório.

A autoadaptação realiza também as compensações da variação devido as tolerâncias de fabricação do motor, em relação ao avanço de ignição, considerando as variações de temperatura de operação entre os cilindros e tipo de combustível.

Figura 4.4 – Sistema de autoadaptação

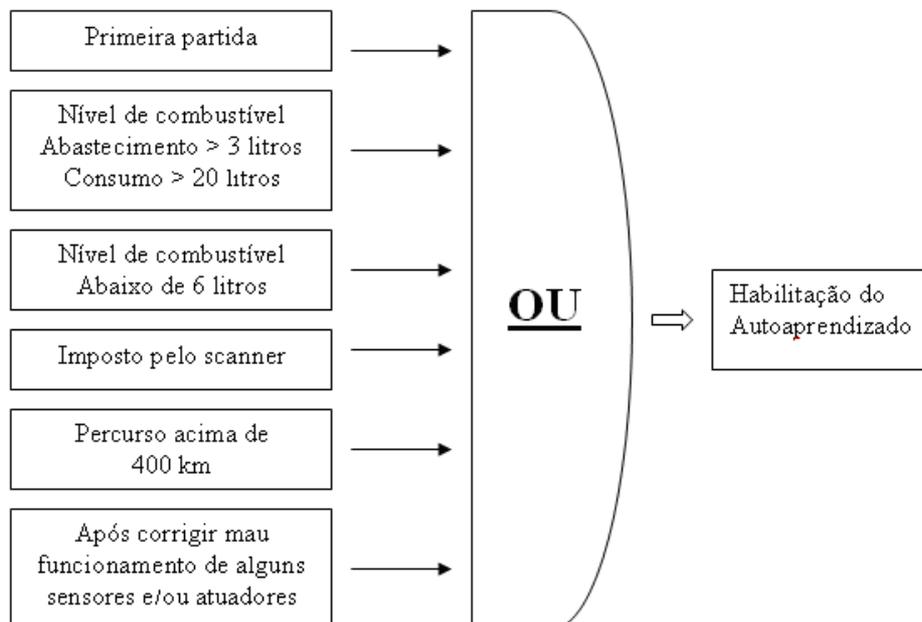


### 4.2.3.2 Autoaprendizado

A central eletrônica do Siena *Tetrafuel* possui um sistema de autoaprendizado. O autoaprendizado do combustível líquido é gerenciado pelo programa *Software Flex Fuel Sensor* – SFS gravado na memória da central eletrônica. Este *software* consiste em um programa capaz de detectar o combustível líquido utilizado através da análise dos gases de escape feita pela sonda lambda. Somente em condições propícias o sistema habilita a estratégia de aprendizado do combustível.

A Figura 4.5 mostra as condições que habilitam o reconhecimento da razão ar/combustível.

Figura 4.5 - Autoaprendizado



O tempo máximo de autoaprendizado é de 15 minutos em marcha lenta, que é a pior condição. Este é o tempo necessário para esgotar o combustível na linha, reconhecer a nova razão ar/combustível e validá-la.

### **4.2.3.3 Autodiagnose**

A central eletrônica do Siena *Tetrafuel* possui o sistema chamado de autodiagnose. O autodiagnose é a capacidade que a central eletrônica possui de detectar problemas no sistema. O diagnóstico elétrico de um sensor se baseia no fato de que em condições de funcionamento normal o sensor deve estar dentro da sua faixa nominal de operação. A verificação de um sinal fora desta faixa permite após um oportuno tempo de filtragem e de confirmação, diagnosticar o defeito do sensor.

Outros modos de defeito usam os valores de vários sensores a através de cálculos matemáticos determinam se o funcionamento global do motor está coerente. Se não estiver, a central eletrônica adota valores padrão chamados valores de *recovery* para o sensor com defeito e, em alguns casos, inibe o funcionamento de alguns atuadores.

### **4.2.3.4 Recovery**

A central eletrônica do Siena *Tetrafuel* possui o sistema chamado de *recovery*. O *recovery* é a capacidade que a central eletrônica possui de funcionar mesmo com alguns tipos de defeitos no sistema. De acordo com o defeito detectado, o sistema toma uma ação de emergência pré-definida em sua memória.

### **4.2.3.5 Sistema de partida a frio**

O sistema de partida a frio do Siena *Tetrafuel* só funciona se a razão ar/combustível for menor que 12,5/1 e temperatura do motor menor que 30°C. Durante a fase de aquecimento do motor o sistema pode ser ativado para melhorar a dirigibilidade.

#### 4.2.4 Componentes do sistema de GNV

O sistema de GNV é formado por componentes necessários para o funcionamento do veículo utilizando o combustível gasoso. Neste caso específico, não será comentado sobre os componentes considerados eletrônicos de um *kit* de GNV, como: simulador de sonda lambda, simulador de eletroinjetores, variador de avanço e chave comutadora, pois a central eletrônica gerencia todas as funções destes componentes.

Os componentes do Siena *Tetrafuel* são:

##### 1 Válvula de alívio de pressão

Tem como função proteger o cilindro contra pressões acima de 26 Mpa (aproximadamente 260 bar). Se, por algum motivo, a pressão do cilindro ultrapassar este valor a válvula de alívio abre e libera GNV para a atmosfera.

##### 2 Registro

É um registro manual cuja função cortar do fluxo de GNV do cilindro para a tubulação.

##### 3 Eletroválvula do cilindro

É uma válvula de comando elétrico do tipo normalmente fechada, com resistência elétrica de 6,6  $\Omega$  e tensão de trabalho de 12 V, que tem como função interromper o fluxo de GNV que sai do cilindro quando o veículo estiver desligado. Ela possui também a função de segurança do sistema, sendo desligada quando o interruptor inercial é ativado. Desta forma ela corta o fluxo de GNV em caso de acidentes.

#### 4 Válvula de retenção

É uma válvula instalada em paralelo com eletro válvula, cuja função é permitir a livre entrada de GNV no cilindro, mesmo que a eletro válvula esteja fechada. Assim é possível abastecer os cilindros com a chave de ignição desligada.

#### 5 Válvula de corte automático

É uma válvula de acionamento automático que interrompe o fluxo de gás quando sua função aumentar acima de um limite pré-determinado. Sua função é cortar o fluxo de GNV em caso de grandes vazamentos na tubulação. Estes vazamentos podem ser provocados pelo rompimento do tubo de alta pressão, por exemplo.

#### 6 Cilindro de aço

É um reservatório de gás fabricado em aço, cuja pressão de trabalho é de 200 bar. Há dois cilindros de GNV localizado no porta-malas do SIENA, com capacidade de 6,5 m<sup>3</sup> cada um. A Figura 4.6 mostra os cilindros de GNV.

Figura 4.6 - Cilindros de GNV



## 7 Válvula de abastecimento

A função desta válvula é abastecer o veículo com GNV nos postos de combustível. O manômetro que é utilizado para indicar a pressão de GNV que chega do regulador está acoplado na válvula de abastecimento. Ambos estão localizados no compartimento do motor. A Figura 4.7 mostra a válvula de abastecimento.

Figura 4.7 - Válvula de abastecimento



## 8 Regulador de pressão

A função do regulador de pressão é reduzir a pressão de GNV da linha que vem dos cilindros para 2,5 bar pressão de trabalho, mantendo-a constante independente das condições de funcionamento do motor. A Figura 4.8 mostra o regulador de pressão.

Figura 4.8 - Regulador de pressão



## 9 Sensor de pressão

O sensor de pressão tem como função medir a pressão de GNV no sistema. Esta informação é utilizada para indicação de quantidade de GNV no quadro de instrumentos e para que o Nó de controle do motor (NCM) defina o momento de funcionar com combustível líquido por falta de GNV.

## 10 Aquecedor elétrico do regulador de pressão

O regulador de pressão possui um aquecedor elétrico de 12V/100W cuja função é compensar o resfriamento causado pela expansão do GNV durante a redução de pressão.

## 11 Eletroinjetores

Os eletroinjetores possuem a função de injetar o GNV no coletor de admissão do motor. Os eletroinjetores de GNV são diferentes dos eletros injetores de combustível, pois possuem mudanças no material a fim de elevar sua resistência mecânica, tratamentos especiais dos componentes internos, tornando-os mais resistente ao desgaste e principalmente mudança no orifício e nos componentes internos para proporcionar maior vazão. A vazão do GNV é de aproximadamente 22 vezes a mais do que os eletros injetores utilizados para o combustível líquido. A Figura 4.9 mostra um eletro injetor de um sistema de injeção eletrônica de combustível gasoso e a Figura 4.10 mostra um eletroinjetor de um sistema de injeção eletrônica de combustível líquido.

Figura 4.9 – Eletroinjetor de um sistema de gás



Figura 4.10 – Eletroinjetor de um sistema líquido



## 12 Tubulação

A tubulação de alta pressão é responsável por conduzir o GNV do cilindro até a válvula de abastecimento e desta até o regulador de pressão. A Figura 4.11 mostra uma tubulação de gás que ainda não foi instalada em um veículo.

Figura 4.11 – Tubulação de gás



## 13 Ponto de aterramento da eletricidade estática

A finalidade do ponto de aterramento da eletricidade estática é descarregar para o solo a eletricidade estática do veículo antes do abastecimento.

## 4.2 Descrição da bancada

A bancada foi montada com *layout* para que todos os equipamentos ficassem próximos, facilitando desta forma a operação no momento dos ensaios. Segue abaixo na Figura 4.12 o *layout* da bancada de testes para ensaios de potência máxima e consumo específico de veículos automotores leves.

Figura 4.12 - *Layout* da bancada de testes



#### Legenda

- 1 – Dinamômetro de chassi;
- 2 – Manômetro de pressão;
- 3 – Balança digital;
- 4 – Scanner automotivo;
- 5 – Sist. ventilação forçada;
- 6 – Analisador de gás;
- 7 – Cilindro de GNV tipo 3.

#### 1 Dinamômetro de chassi

Equipamento também conhecido como dinamômetro de rolos ou de potência é um equipamento de medição de potência do veículo que proporciona ao técnico a exercer diversos e variados testes. Portanto para utilizá-lo o técnico deve ter conhecimentos na área automotiva e ser devidamente treinado. Um ensaio de um veículo utilizando o dinamômetro requer muita atenção de toda equipe envolvida, pois um deslize pode ser fatal. A utilização deste tipo de equipamento proporciona desenvolver testes com o veículo sem sair do Laboratório, garantindo maior segurança e minimizando os possíveis erros. Neste trabalho foi utilizada a função de desempenho do motor para realizar os ensaios de potência do motor e a função de simulação de rodagem para realizar os ensaios de consumo de combustível do veículo.

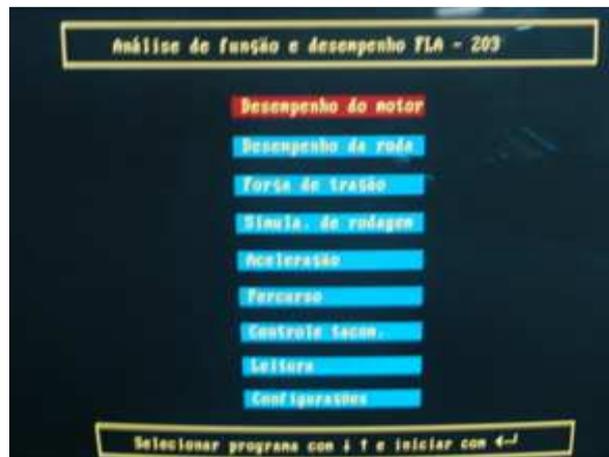
A Figura 4.13 mostra uma foto do dinamômetro de chassis modelo FLA 203 do fabricante BOSCH utilizado nos ensaios de potência do motor e consumo de combustível. Os procedimentos e cuidados com o manuseio deste equipamento estão no item 4.5.

Figura 4.13 - Dinamômetro de chassi



O dinamômetro de chassi, além de medir potência do motor, tem outras funções como: medir potência da roda, força de tração, simulação de rodagem, percurso e controle do tacômetro, como mostra a Figura 4.14.

Figura 4.14 – Tela principal do dinamômetro de chassi



Segue abaixo os dados técnicos do dinamômetro de chassi.

- Tensão: trifásico, corrente alternada (220 a 240V) – (100 A 127V);
- Tolerâncias:  $\pm 10\%$ ;
- Frequência: bifrequência 50/60 Hz;
- Consumo de corrente: 22 A;
- Carga máxima por eixo: 3,5 ton;
- Diâmetro do rolo: 318 mm;

- Distância entre eixos dos rolos: 565 mm;
- Comprimento útil dos rolos: 2.200 mm;
- Dispositivo de segurança quando a plataforma de elevação estiver erguida: bloqueio dos rolos;
- Força máxima de elevação da plataforma: 20.000 N;
- Tamanho permitido de pneus para automóveis e caminhões leves: 10 – 18”;
- Altura necessária sobre o solo a 10 a 12” (incluindo o motorista): aproximadamente 145mm;
- Altura necessária sobre o solo a 13” (incluindo o motorista): aproximadamente 125mm;
- Tamanho permitido para motocicletas com dispositivo de fixação: 10 – 24”;
- Sistema operacional: recarregável com disquete de 3,5”;
- Correção de potência: DIN 70020 ou EC 80/1269;
- Potência de frenagem do freio da corrente de Foucault: 25 kW a 20 km/h / 150 kW a 130 km/h / 260 kW a 260 km/h;
- Precisão da bancada de teste:  $\pm 0,5 \% \pm 2 \text{ kW}$ ;
- Resolução do visor: 0,1 kW;
- Potência de aceleração (potência do motor): 0- 300 kW;
- Velocidade de marcha: 0 – 260 km/h;
- Força máxima de tração: 6.000 N;
- Simulação de resistência dos rolos: 0 – 50 kW;
- Simulação de resistência aerodinâmica: 0 – 50 kW;
- Medição da pressão do ar: 700 – 1050 hpa;
- Medição da temperatura do ar aspirado: -20 a 120°C;
- Medição da rotação: 0 – 15.000 RPM;
- Medição da distância percorrida: 0 – 10 km;
- Classe de segurança: IP 41.

## 2 Manômetro de pressão

Mede a pressão da linha e verifica a vazão da eletrobomba de combustível. Neste trabalho o manômetro foi utilizado para regular a pressão da linha em 3 bar, a mesma recomendada pelo fabricante do veículo e simular uma espécie de retorno para o reservatório

de combustível, pois os ensaios de consumo foram realizados através do método gravimétrico conforme a Norma NBR 7024, onde utilizamos um sistema de medidor de combustível e uma balança de precisão para pesar a massa de combustível.

A Figura 4.15 mostra uma foto do manômetro de combustível utilizado nos ensaios de potência do motor e consumo do veículo. Conforme mostra a Figura 4.3, a linha à esquerda do manômetro foi conectada a linha de pressão de combustível que vêm do reservatório de combustível original do veículo, a linha intermediária serviu como uma espécie de retorno que vai para o reservatório auxiliar utilizado nos ensaios e a linha à direita foi conectada ao equipamento de medidor de consumo de combustível.

Figura 4.15 - Manômetro de combustível



### 3 Medidor de consumo de combustível

O Medidor de consumo de combustível é um equipamento utilizado para medir o consumo de combustível e fazer socorro nos casos em que a bomba elétrica de combustível estiver com problema. Este equipamento foi utilizado neste trabalho para alimentar o veículo com o combustível a ser ensaiado, simulando um reservatório de combustível, onde também há uma eletrobomba de combustível no seu interior. Neste caso, não havia o regulador de pressão e foi necessário inserir um manômetro na linha de alta pressão, para regular a pressão para a pressão de trabalho recomendada pelo fabricante do veículo: 3 bar. No entanto, não alterou o sistema de alimentação original do veículo, simplesmente foi desligado a eletrobomba, e desconectado a linha principal e conectado no equipamento medidor de consumo de combustível. Este procedimento foi realizado conforma a Norma NBR 7024, pois seguiu a orientação que pode ser utilizado um reservatório com o combustível para ensaio,

equipado ou não com medidor de vazão, que deve ser colocado externamente ao veículo e conectado ao sistema de alimentação de combustível, desde que não haja alteração das condições de combustível do motor.

A Figura 4.16 mostra uma foto do medidor de consumo de combustível utilizado nos ensaios de potência do motor e consumo do veículo.

Figura 4.16 - Medidor de consumo de combustível



#### 4 Balança de precisão digital

A balança de precisão digital é um instrumento que mede a massa ou peso de um corpo. A balança utilizada neste trabalho foi uma balança com calibração automática, capacidade 3200g e precisão 0,1g. Este instrumento foi necessário devido ao método utilizado para os ensaios de consumo de combustível, onde há necessidade de medir a massa do combustível. A Figura 4.17 mostra uma foto da balança de precisão digital utilizada nos ensaios de potência do motor e consumo do veículo.

Figura 4.17 - Balança de precisão digital



## 5 Scanner automotivo

O *scanner* automotivo é um *software* capaz de se conectar com a central eletrônica do veículo. Este instrumento tem varias funções como diagnosticar os elementos atuadores do sistema de injeção e ignição eletrônica, consultar a memória para verificar possíveis avarias, apagar um erro na memória da central eletrônica e etc.

Neste trabalho foi utilizado o instrumento PC-SCAN3000 do fabricante NAPRO com o objetivo de verificar os parâmetros do sistema de injeção e ignição eletrônica do veículo durante os ensaios, como por exemplo: temperatura da água do sistema de arrefecimento, tensão da bateria, sensor de sonda lambda, mistura estequiométrica e outros. Dessa forma, qualquer anormalidade nos parâmetros do veículo, o ensaio seria abortado, preservando os seus sistemas e a segurança da equipe técnica.

A Figura 4.18 mostra uma foto do scanner automotivo utilizado nos ensaios de potência do motor e consumo do veículo.

Figura 4.18 – *Scanner* automotivo



## 6 Sistema de ventilação forçada

O sistema de ventilação forçada é um ventilador montado em um cavalete. Este ventilador deve ter uma potência capaz de gerar um fluxo de ar de pelo menos 20.000 m<sup>3</sup>/h. Este procedimento está conforme a Norma NBR 7024 e principalmente com as recomendações do fabricante do dinamômetro, evitando assim um superaquecimento dos componentes do veículo. O ventilador deve ser ajustado de tal forma que a corrente de ar seja

direcionada ao radiador, ponto de aspiração de ar e parte inferior do veículo (cárter, escapamento e pneus), conforme manual de instrução do fabricante do dinamômetro.

A Figura 4.19 mostra uma foto do scanner automotivo utilizado nos ensaios de potência do motor e consumo do veículo.

Figura 4.19 – Sistema de ventilação forçada



## 7 Sistema de Exaustão

O sistema de exaustão tem a finalidade de sugar e filtrar os gases resultantes da combustão e jogar para atmosfera. Todo laboratório automotivo deve ter um sistema de exaustão, pois qualquer ensaio com o veículo ligado resulta em emissões de poluentes, mesmo equipado com catalisador, pois não elimina totalmente os principais gases que podem ser fatais, como por exemplo: hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO) e óxido de nitrogênio (NOX). O sistema de exaustão do laboratório automotivo do CTGAS-ER foi projetado para funcionar com dois veículos simultaneamente, possui exaustores e filtros de gases, e as mangueiras suportam altas temperaturas.

A Figura 4.20 mostra uma foto do sistema de exaustão do laboratório automotivo do CTGAS-ER utilizado nos ensaios de potência do motor e consumo do veículo.

Figura 4.20 – Sistema de exaustão



O manual do fabricante do dinamômetro recomenda colocar um dispositivo de aspiração no cano de escape a uma distância de aproximadamente 20 cm. Dessa forma impede-se que haja uma variação de pressão devida ao processo de aspiração. Para atender a esta recomendação foi desenvolvido pela equipe técnica um adaptador para o sistema. A Figura 4.21 mostra uma foto do adaptador interligado ao sistema de exaustão do Laboratório automotivo do CTGAS-ER.

Figura 4.21 – Adaptador do sistema de exaustão



## 8 Analisador de gás

O analisador de gás é um equipamento utilizado para medir as emissões de gases resultantes da combustão. Neste trabalho utilizamos o analisador de gás do fabricante TECNOMOTOR modelo TM 131 para medir os três gases considerados importantes na área automotiva: CO, CO<sub>2</sub> e o HC e a eficiência catalítica do veículo. O foco deste trabalho não é analisar os gases, mas através dos valores medidos é possível diagnosticar eventual falha nos sistemas do veículo, como por exemplo, uma entrada de ar falsa do sistema de alimentação, um vazamento pelo escapamento do veículo e a própria eficiência catalítica que assegura que o catalisador está funcionando em perfeitas condições.

A Figura 4.22 mostra uma foto do o analisador de gás utilizado nos ensaios de potência do motor e consumo do veículo.

Figura 4.22 – Analisador de gás



A coleta dos gases resultantes da combustão pelo analisador de gases é realizada através do cano de escape do veículo. No entanto, para realizar o cálculo para conhecer a eficiência catalítica é necessário coletar os gases antes do catalisador, para isto, foi fabricada uma sonda pela equipe técnica e introduzida no coletor de escapamento do motor do veículo, como mostra a Figura 4.23.

Figura 4.23 – Sonda coletora de gás



#### 4.4 Combustíveis

Os combustíveis utilizados nos ensaios de potência máxima e consumo específico neste trabalho foram os mesmos comercializados nos postos de abastecimento. Os combustíveis são: gasolina comum, gasolina aditivada, gasolina Podium, etanol e gás natural veicular.

A gasolina comum, gasolina aditivada, gasolina Podium e etanol foram coletados e enviados para o Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes da UFRN para efetuar análise, com o objetivo de conhecer as características dos combustíveis. Os relatórios estão no Anexo A – Relatórios de Ensaio de Combustível Líquido.

O gás natural veicular foi coletado e enviado para Laboratório de Qualidade do Gás do CTGAS-ER para efetuar análise, com o objetivo de conhecer as características do combustível. O relatório está no Anexo B - Relatório de Ensaio de Combustível Gasoso.

A tabela 4.2 mostra as características dos combustíveis analisados pelo Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes da UFRN.

Tabela 4.2 – Características dos combustíveis

Características	Gasolina comum	Gasolina Aditivada	Gasolina Podium	Etanol
Aspecto	Límpido e isento de impurezas			
Cor	Amarelo	Verde	Laranja	Incolor
Massa Específica a 20°C, kg/m <sup>3</sup>	759,4	763,4	728	809,1
Teor de AEAC, % vol	25	32	27	93,2
Índice Antidetonante	88,8	89,3	99,1	-

## 4.5 Procedimento de ensaios

Os procedimentos dos ensaios deste trabalho foram desenvolvidos pelos técnicos do CTGAS-ER e professores da UFRN, seguindo referências normativas e de acordo com as condições de trabalho do Laboratório Automotivo do CTGAS-ER.

### 4.5.1 Potência Máxima

O procedimento de ensaio para medição de potência de um motor de um veículo em dinamômetro de chassi foi desenvolvido conforme Manual de Instruções do Dinamômetro de Chassi, modelo FLA 203, fabricante BOSCH e manual do fabricante do veículo SIENA FIAT.

Os ensaios de potência de um motor de um veículo leve têm o objetivo de levantar a curva de potencia real do motor em dinamômetro de chassi. A precisão da bancada de teste é de aproximadamente 0,5%, que resulta em 2 kW.

A operação em dinamômetro de chassi exige algumas medidas de segurança que devem ser tomadas:

1 Durante os testes, manterem fechadas as portas e janelas do veículo para assim proteger o técnico contra eventuais corpos estranhos projetados do perfil do pneu, ou contra partícula que se soltam dos pneus;

2 Limitar a duração dos testes ao tempo de medição estritamente necessário;

3 Não entrar e nem sair do veículo durante a execução dos testes;

4 A operação e a utilização da bancada dos ensaios são permitidas somente ao pessoal técnico competente e devidamente treinado;

5 Isolar a área do local durante os testes, evitando a presença de pessoas a uma distância mínima de 2m na frente, atrás e ao lado do veículo;

6 Utilizar EPI's durante os testes (bota, camisa manga longa, protetor auricular e óculos);

7 Durante os testes o volante deverá estar seguro. Os movimentos do volante para a direita ou à esquerda devem ser evitados, o mesmo se aplicando a variações de peso dentro do veículo. Não se apoiar no veículo;

8 Verificar alinhamento de direção e balanceamentos das rodas. Sempre que for realizar um novo ensaio deve-se verificar o aperto dos parafusos de fixação da roda;

9 Somente realizar os ensaios com os pneus em perfeitas condições;

10 Conferir possíveis vazamentos nas conexões do equipamento de medidor de combustível;

11 Conferir possíveis vazamentos nas conexões das mangueiras de combustível do veículo;

12 Conferir a pressão de trabalho no manômetro que deve sempre constar 3 bar.

13 O banco de provas de potência somente pode ser operado dentro das potências indicadas nos dados técnicos e nas velocidades máximas mencionadas no manual do equipamento. Devem ser observadas as indicações referentes a velocidades máximas admitidas para pneus, conforme especificado pelo fabricante do veículo ou dos pneus.

Antes de iniciar os ensaios de potência, devem-se seguir os passos abaixo:

1 O reservatório do combustível do veículo e do medidor de combustível deve ser drenado totalmente, assegurando-se da completa limpeza do reservatório, e reabastecido com o combustível para o ensaio;

2 Ligar o dinamômetro e escolher a opção de desempenho do motor;

3 Calibrar os pneus frios com a pressão indicada no manual do fabricante do veículo;

4 Verificar o nível do óleo do motor;

5 Verificar o nível da água do sistema de arrefecimento;

6 Conduzir o veículo sobre o prisma de rolos;

7 Colocar correntes de ancoragem no eixo traseiro do veículo;

8 Colocar o aspirador de gases de escape no veículo (sistema de exaustão). À distância até o cano de escape é de aproximadamente 20 cm;

9 Abrir o capô do veículo para ligar as conexões do dinamômetro de chassi;

10 Colocar a garra do sensor de rotação ao cabo de ignição de um dos cilindros;

11 Colocar o sensor de medição de temperatura do ar de aspiração no filtro de ar do veículo. Deve-se ter o cuidado para que o sensor não encoste em nenhuma superfície, assegurando que seja circulando pela corrente de ar;

12 Ligar o veículo e engatar a 1º marcha a uma velocidade de aproximadamente 5 km/h para ajustar o mesmo sobre o prisma de rolos e em seguida puxar o freio de estacionamento do veículo;

13 Ajustar os rolos de guia do analisador de potência a uma distância de 0,5 a 1 cm dos pneus dianteiros do veículo;

14 Colocar as cunhas de segurança a uma distância de 4 a 5 cm em frente as rodas traseiras do veículo;

15 Funcionar o veículo até atingir a temperatura ideal de funcionamento do motor (aproximadamente 90° C);

Funcionar o veículo até aquecer os pneus a uma temperatura superior a 40° C;

16 Colocar ventilador em frente do veículo que proporcione um fluxo de ar de pelo menos 20.000 m<sup>3</sup>/h, de tal forma que a corrente de ar seja direcionada ao radiador, ponto de aspiração de ar e parte inferior do veículo (cárter e escapamento);

17 Aquecer o banco de rolos do dinamômetro de chassi por um tempo de 15 minutos, à velocidade de 50 km/h, de acordo com instruções do fabricante do dinamômetro.

Para realizar os ensaios de potência precisa de alimentar software do dinamômetro de chassi com os parâmetros de entrada. O Técnico deve escolher a opção de desempenho do motor na tela principal e seguir as operações abaixo:

1 Inserir os parâmetros do software relativos ao veículo:

- Tipo de veículo: carro de passeio;
- Tipo de tração: dianteira;
- Tipo de bobina: RUV faísca dupla;
- Tipo de transmissão: mecânica;
- Tipo de correção de potência: correção conf. DIN.

2 Inserir os parâmetros do software relativos ao combustível. Estes parâmetros devem ser inseridos no software FLA203 BOSCH de acordo com o combustível a ser ensaiado, conforme Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Parâmetros de entrada *do software* do dinamômetro.

Parâmetros de entrada	Potência Nominal (kW)	Rotação Nominal (RPM)	Velocidade Máxima (km/h)
Gasolina comum	59	5500	135
Gasolina aditivada	59	5500	135
Gasolina podium	59	5500	135
Etanol	60	5500	135
Gás natural veicular	50	5500	135

Os números dos parâmetros de entrada do dinamômetro de chassi foram arredondados, conforme consta na Tabela 4.3, pois a resolução do software não aceita casas decimais. Os números reais são os informado pelo fabricante do veículo, conforme a Tabela 4.1.

#### 4.5.1.1 Execução do ensaio

Na execução do ensaio de potência máxima, o Técnico iniciar o funcionamento do veículo em 1º marcha e, o mais rápido possível, muda para a 4º marcha, sendo esta troca realizada quando o motor do veículo atingir metade do número nominal de rotações. Em seguida acelera até que o visor do dinamômetro surja a mensagem para “desengatar”, quando deve-se colocar em neutro e tirar o pé do acelerador até a parada do rolos. Este procedimento deve ser executado no mínimo três (vezes) para obter um valor médio representativo para os ensaios, em cada tipo de combustível.

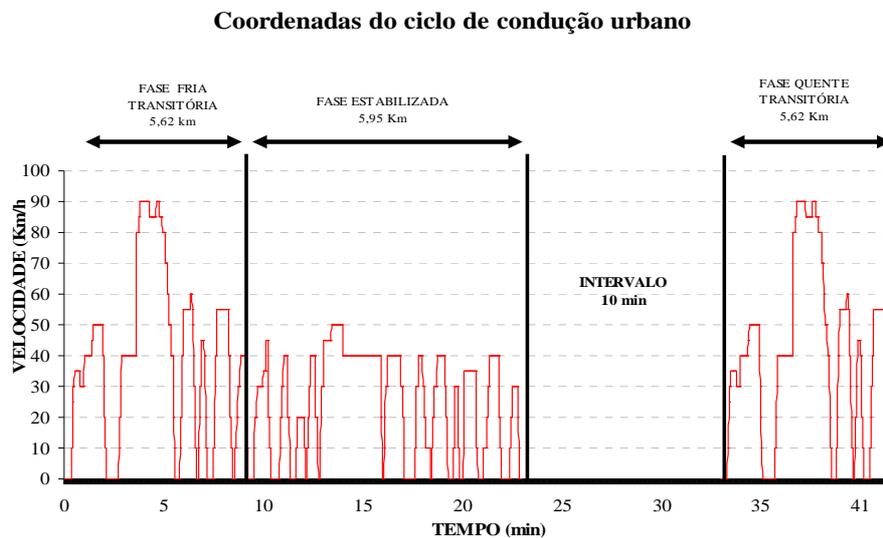
## 4.5.2 Consumo de combustível

O procedimento de ensaio para medição de combustível de um motor de um veículo em dinamômetro de chassi foi desenvolvido conforme a Norma ABNT NBR 7024 – Veículos rodoviários automotores leves – Medição do consumo de combustível.

A medição do consumo de combustível durante os ciclos será efetuada pelo método gravimétrico, que consiste na medição direta da massa do combustível fornecido ao veículo durante os ciclos de condução de condução urbano e estrada.

Para a medição do consumo de combustível, através do ciclo de condução urbano, é necessário simular um percurso em dinamômetro de chassi com as coordenadas do ciclo de condução urbano, conforme a Norma NBR 6601. Como forma de adequar a simulação às condições de trabalho do Laboratório Automotivo do CTGAS-ER foi necessário desenvolver uma Planilha com as Coordenadas do Ciclo de Condução Urbano, ver Apêndice A. A Figura 4.24 mostra um gráfico contendo o percurso realizado pelos Técnicos durante os ensaios do ciclo de condução urbano para realização do ensaio de consumo de combustível.

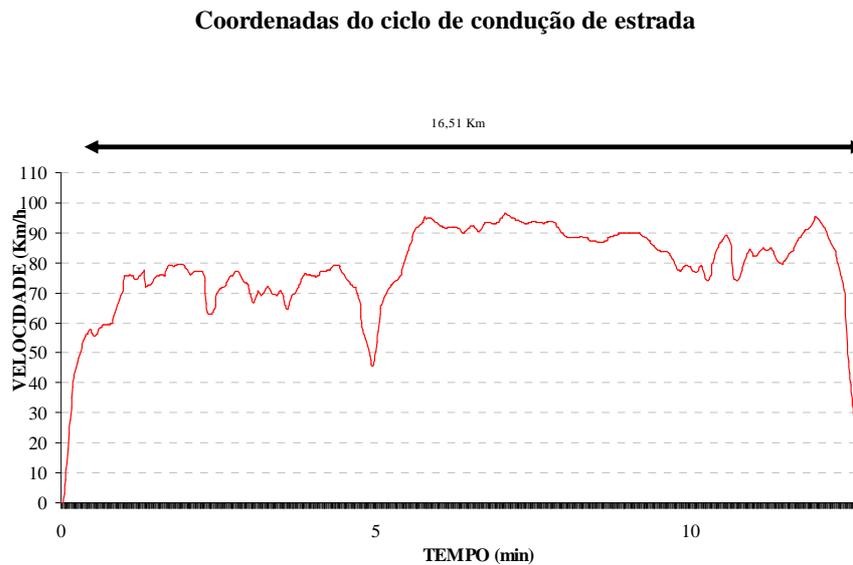
Figura 4.24 – Gráfico do percurso do ciclo de condução urbano



Para a medição do consumo de combustível, através do ciclo de condução de estrada, é necessário simular um percurso em dinamômetro de chassi com as coordenadas do ciclo de condução de estrada, conforme a Norma NBR 7024. Como forma de adequar às condições de trabalho do Laboratório Automotivo do CTGAS-ER foi necessário desenvolver a Planilha

com as Coordenadas do Ciclo de Condução de Estrada, ver Apêndice B. A Figura 4.25 mostra um gráfico contendo o percurso realizado pelos Técnicos durante os ensaios do ciclo de condução de estrada para realização do ensaio de consumo de combustível.

Figura 4.25 – Gráfico do percurso do ciclo de condução de estrada



As medidas de segurança para a realização dos ensaios de consumo de combustível foram às mesmas utilizadas para os ensaios de potência máxima do motor.

Para a medição do consumo de combustível, através do ciclo de condução urbano e de estrada, o veículo deve ser levado à área de ensaios e devem ser executadas as seguintes operações:

- a) Quando o veículo não for ensaiado com gás natural veicular (GNV), o reservatório do combustível do veículo deve ser drenado totalmente, assegurando-se a sua completa limpeza, e reabastecido com o combustível a ser submetido ao ensaio. Neste trabalho foi utilizado o medidor de consumo de combustível como reservatório de combustível;
- b) Para os ensaios de veículos movidos a gás natural veicular, recomenda-se que a pressão mínima do cilindro no início do ensaio seja superior a 80 bar ou conforme a especificação do fabricante.

O dinamômetro de chassi deve ser aquecido de 15 minutos, à velocidade de 50 km/h, com um veículo não destinado ao ensaio, ou de acordo com instruções do fabricante do dinamômetro.

Para a medição do consumo de combustível, através do ciclo de condução urbano, o veículo deve ter um condicionamento em estabilização térmica não inferior à 12h e não superior a 36h após o ensaio realizado.

Para a medição do consumo de combustível, através do ciclo de condução em estrada, o veículo deve ser preconditionado por um dos procedimentos descritos:

- a) Se o veículo permanecer por menos de 3h parado, após a conclusão da medição do consumo pelo ciclo de condução urbana, ele deve ser conduzido através de um ciclo de condução de estrada;
- b) Se o veículo permanecer mais que 3h parado, deve ser preconditionado conforma ABNT NBR 6601e conduzido através de um ciclo de condução de estrada.

Para realizar os ensaios de consumo precisa alimentar o software do dinamômetro de chassi com os parâmetros de entrada. O Técnico deve escolher a opção de simulação de rodagem na tela principal. Deve-se ser adotadas as seguintes operações:

1 Fixar no dinamômetro a inércia equivalente correspondente à massa do veículo para ensaio, conforme Tabela 4.4 descrito na Norma NBR 6601. A Inércia equivalente em função da massa do veículo para ensaio: 1304 kg.

Tabela 4.4 — Inércia equivalente em Função da Massa do Veículo para Ensaio.

Massa do veículo para ensaio		Inércia equivalente	
kg	lb	kg	lb
<b>1277 a 1332</b>	<b>2813 a 2937</b>	<b>1304</b>	<b>2875</b>

2 Considerar o somatório da massa do veículo (conforme manual do fabricante do veículo - 1149 kg) e a massa medida dos passageiros (Massa do condutor: 160 kg, conforme a massa medida dos dois Técnicos);

3 Fixar no dinamômetro a resistência aerodinâmica:  $W_{ar} = 4,5$  kW, pode ser calculada pela seguinte fórmula (AUTOPÉDIA, 2010):

$$W_{ar} = C_1 \cdot A_f \cdot C_x \cdot V^3$$

Onde:

- $W_{ar}$  - é a resistência aerodinâmica em CV;
- $C_1$ : é constante e igual a  $1,29 \times 10^{-5}$ ;
- $A_f$ : é a área frontal do veículo igual a  $1,97$  m<sup>2</sup>;
- $C_x$ : é o coeficiente de penetração, onde foi adotado o valor de 0,33 por analogia com outros veículos semelhantes;
- $V$ : é a velocidade do automóvel em km/h, neste caso foi utilizada a velocidade de 90 km/h, como especificado no manual do dinamômetro.

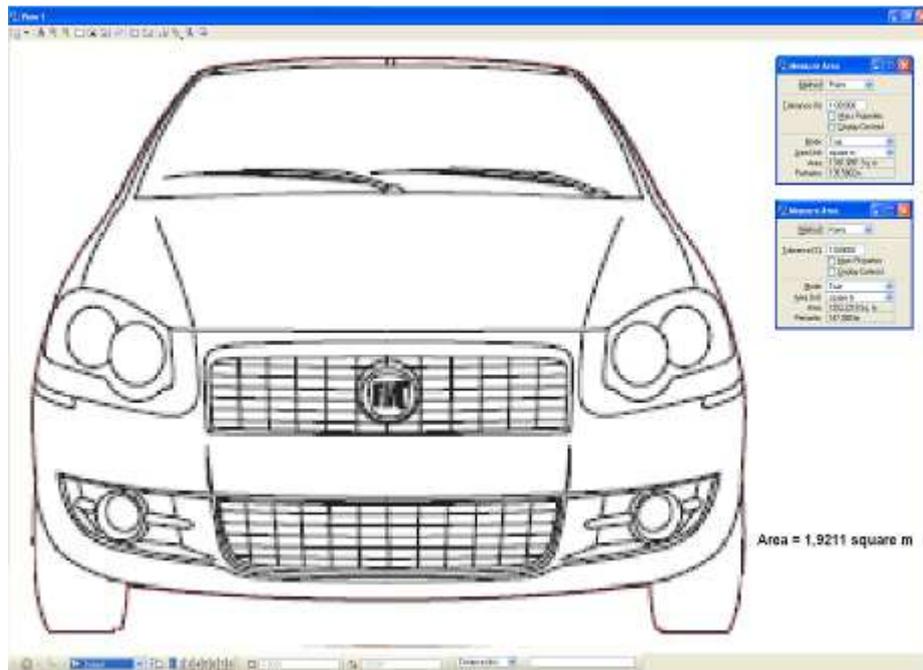
4 Fixar no dinamômetro a potência resistiva no rolo, conforme NBR 6601 = 0,30 kW. Pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$PRR_{80} = k \cdot a \cdot A + P + t \cdot M$$

Onde:

- $PRR_{80}$ : é a potência resistiva no rolo do dinamômetro à velocidade de 80,5 km/h, em quilowatts;
- $k$ : igual a  $8,03$  kg/s<sup>3</sup>;
- $a$ : é o coeficiente de forma adimensional, que é igual a 0,50, para veículos leves;
- $A$ : é a área frontal de referência de veículos leves, em metros quadrados. É definida como a área da projeção ortogonal do veículo em um plano perpendicular ao seu eixo longitudinal, incluindo pneus e componentes da suspensão, mas excluindo as suas protuberâncias. Na medição dessa área, deve ser considerado o arredondamento ao décimo quadrado mais próximo, sendo a área frontal do veículo igual a  $1,92$  m<sup>2</sup>. Para determinação do cálculo da área frontal foi utilizado o *software* AutoCAD, como mostra a Figura 4.26.

Figura 4.26 – Área frontal do Siena Tetrafuel no Software AutoCAD



- P: é a potência de protuberância é obtida conforme a Norma NBR 6601 em função de  $A_p$ , em quilowatts, que é a área frontal de protuberâncias, em metros quadrados. É definida de maneira análoga à área frontal de referência, isto é, à área total da projeção ortogonal dos espelhos retrovisores, ornamentos, calhas e outras protuberâncias, em um plano perpendicular ao plano longitudinal médio do veículo. A protuberância é definida como qualquer proeminência do veículo a mais de 2,5 cm de sua superfície e com uma área projetada maior que  $0,0001 \text{ m}^2$ ;
- A área de cada retrovisor foi calculada com auxílio do software AutoCAD, sendo igual a:  $0,025 \text{ m}^2$ . Como são dois retrovisores, a área total das protuberâncias é igual a  $0,049 \text{ m}^2$ . De acordo com a Norma NBR 6601, segue o cálculo:

$$AP = 0,049 \rightarrow 0,028 < A_p < 0,056 \rightarrow 0,30 \text{ kW}$$

- t: igual a zero, para veículos equipados com pneus radiais;

- M: é a inércia equivalente, em quilogramas. O Cálculo considera a massa do veículo para ensaio e a inércia equivalente, conforme a Tabela 4.4.
  - Massa do veículo, conforme manual do fabricante: 1.149 kg;
  - Massa do condutor: 80 kg
  - Massa do auxiliar do condutor: 80 kg
  - Massa total: 1.309 kg
  - O valor da inércia equivalente em função da massa do veículo que foi submetido ao ensaio é: 1.304 kg.

#### **4.5.2.1 – Execução do ensaio**

Consiste basicamente na medição do consumo de combustível de um veículo, enquanto este é operado em dinamômetro de chassi, através dos ciclos de condução urbano e de estrada.

Ao final de cada fase do ciclo de condução urbano, registrar a massa de combustível consumido, e a distância percorrida, e iniciar imediatamente a medição para a fase seguinte.

Para a medição do consumo de combustível no ciclo de condução de estrada, deve ser iniciada após o final do ciclo de condução urbano. Ao final ciclo, registrar a massa de combustível consumido, e a distância percorrida.

Para simular o ciclo de condução urbano as rodas propulsoras do veículo devem ser colocadas sobre o dinamômetro de chassi, com o motor desligado.

O ensaio completo de condução urbano em dinamômetro de chassi consiste em dois ciclos, conforme a Norma NBR 6601, sendo um com partida a frio e o outro com partida a quente, com intervalo de 10 min  $\pm$  1 min entre eles. O resultado é a média ponderada entre os ciclos de partida a frio e a quente.

O ciclo de partida a frio é dividido em duas fases. A primeira fase, representando a fase "transitória" da partida a frio, termina ao final da desaceleração que é programada para ocorrer aproximadamente aos 505 s do ciclo. A segunda fase, representando a fase "estabilizada", consiste na conclusão do ciclo de ensaio, inclusive o desligamento do motor.

Da mesma maneira, o ciclo de partida a quente consiste em duas fases. A primeira fase, representando a fase "transitória" da partida a quente, termina também com o final da desaceleração aproximadamente aos 505 s, enquanto que a segunda fase do ciclo de partida a quente, representando a fase "estabilizada", é idêntica à segunda fase do ciclo de partida a frio, não sendo, portanto, o ensaio executado, mas considerados na ponderação os valores obtidos na fase estabilizada da partida a frio.

Durante o funcionamento do veículo, o uso correto da transmissão deve obedecer aos seguintes requisitos:

1 Todas as condições de ensaio devem ser seguidas de acordo com a recomendação do fabricante, exceto quando especificado em contrário;

2 O veículo deve ser dirigido com o mínimo movimento do pedal do acelerador para manter a velocidade desejada;

3 As acelerações devem ser efetuadas suavemente. Para a caixa de mudanças mecânicas, o operador deve soltar o pedal do acelerador durante cada mudança de marchas e efetuá-la no menor tempo possível. Velocidades menores do que aquelas previstas no ciclo de condução são permitidas, desde que o veículo seja operado na condição de máxima potência disponível nas rodas durante estas ocorrências, através de seleção da marcha adequada;

4 Os períodos de desaceleração devem ser executados com a marcha engatada, usando-se o freio ou o acelerador, de acordo com as necessidades, para se manter a velocidade prescrita. Os veículos com caixa de mudanças mecânica devem estar com o pedal da embreagem não debreado e não se deve trocar de marcha nessas ocasiões. Nos casos em que a velocidade se reduz a zero, a embreagem deve ser debreada quando a velocidade cair abaixo de 24 km/h ou quando o ruído do motor se tornar "áspero", ou ainda, quando o motor estiver prestes a parar.

A tolerância na velocidade, em qualquer instante do ciclo de condução urbano e estrada, são definidas por dois limites:

a) limite superior é 3,2 km/h acima do maior valor especificado, no intervalo compreendido entre  $\pm 1$  s, em torno do instante considerado;

b) limite inferior é 3,2 km/h abaixo do menor valor especificado, no intervalo compreendido entre  $\pm 1$  s, em torno do instante considerado.

Variações na velocidade, além dessa tolerância (como pode ocorrer nas trocas de marcha), são aceitáveis, desde que ocorram por menos de 2 segundos em qualquer ocasião. Além disso, velocidades inferiores às prescritas são aceitas, desde que o veículo seja operado com a máxima potência disponível nas rodas nestas ocorrências, através da seleção da marcha adequada.

### 4.5.3 – Cálculo do consumo

A medição do consumo de combustível durante os ciclos será efetuada pelo método gravimétrico, que consiste na medição direta da massa do combustível fornecido ao veículo durante os ciclos de condução, em L/100 km, pela seguinte equação:

$$C = \frac{M}{D \times d} \times 100$$

Onde:

- C é o consumo de combustível, em L/100 km;
- M é a massa do combustível consumido, expressa em gramas (g);
- D é a distância efetiva percorrida, expressa em quilometro (km);

d é a massa específica do combustível, expressa em quilometro cúbicos ( $\text{kg/m}^3$ ), a 20 °C.

#### 4.5.3.1 – Cálculo do consumo de combustível urbano

O consumo de combustível urbano é determinado pela média ponderada entre os valores de consumo obtidos no ciclo de condução urbana, com partida a frio e partida a quente, na mesma proporção utilizada.

O consumo de combustível urbano é a média ponderada dos consumos calculados para as três fases do ciclo de condução urbana, determinado pela equação da Figura 4.27:

Figura 4.27 – Fórmula do cálculo do consumo de combustível urbano

$$C_{urb} = 0,43 \frac{C_I D_I + C_{II} D_{II}}{D_I + D_{II}} + 0,57 \frac{C_{III} D_{III} + C_{II} D_{II}}{D_{III} + D_{II}}$$

Fonte: ABNT NBR 7024

Onde:

- Curb é o consumo de combustível urbano ponderado, em L/100 km;
- CI, CII e CIII são os consumos de combustível, nas fases transitória com partida a frio, estabilizada e transitória com partida a quente, respectivamente, em L/100 km;
- DI , DII e DIII são as distâncias, efetivamente percorrida nas fases transitória com partida a frio, estabilizada e transitória com partida a quente, respectivamente, em quilômetro.

Os registros de consumo e da distância percorrida nos ensaios de consumo estão no Anexo E.

#### 4.5.3.2 – Cálculo do consumo de combustível de estrada

O consumo de combustível em estrada é o consumo calculado, considerando-se a massa total de combustível consumido e a distância efetivamente percorrida durante o ciclo de condução de estrada, conforme a fórmula do item 4.5.3.

#### 4.5.4 – Cálculo da autonomia

##### 4.5.4.1 – Cálculo da autonomia para veículos movidos a gasolina e etanol

A cada valor de consumo de combustível (urbano e de estrada) corresponde um valor de autonomia por litro, calculado pela equação:

$$A = 100 / C$$

Onde:

- A é autonomia, expressa em quilômetro por litros (km/L);
- C é o consumo, em L/10 km.

#### 4.5.4.2 – Cálculo da autonomia para veículos movidos a GNV

A cada valor de consumo de combustível (urbano e de estrada) corresponde um valor de autonomia por metro cúbico, calculado pela equação:

$$A = 100 / C$$

Onde:

- A é autonomia, expressa em quilômetro por metros cúbicos (km/m<sup>3</sup>);
- C é o consumo, em m<sup>3</sup>/100 km.

#### 4.5.4.3 – Cálculo da autonomia de combustível combinada

A autonomia de combustível combinada é a média harmônica ponderada das autonomies de combustível urbano e em estrada, na proporção de 55% e 45%, respectivamente, calculada pela equação da Figura 4.28:

Figura 4.28 – Fórmula do cálculo da autonomia de combustível combinada

$$A_{com} = \frac{1}{\frac{0,55}{A_{urb}} + \frac{0,45}{A_{est}}}$$

Fonte: ABNT NBR 7024

Onde:

Para veículos movidos a gasolina e etanol:

- Acom é a autonomia de combustível combinado, expressa em quilômetros por litro (km/L);
- Aurb é a autonomia de combustível urbano, expressa em quilômetros por litro (km/L);
- Aest é a autonomia de combustível de estrada, expressa em quilômetros por litro (km/L).

Para veículos movidos a GNV:

- Acom é a autonomia de combustível combinado, expressa em quilômetros por metros cúbicos (km/m<sup>3</sup>);
- Aurb é a autonomia de combustível urbano, expressa em quilômetros por metros cúbicos (km/m<sup>3</sup>);
- Aest é a autonomia de combustível de estrada, expressa em quilômetros por metros cúbicos (km/m<sup>3</sup>).

---

**Capítulo 5**  
**Resultados e Discussão**

---

## Capítulo 5 - Resultados e Discussão

### 5.1 – Resultados dos ensaios de consumo e potência

A metodologia experimental adotada nos ensaios atendeu satisfatoriamente aos objetivos propostos, possibilitando a obtenção de resultados comparativos e conclusivos a cerca do desempenho de um veículo *flex* em bancada dinamométrica funcionando com os combustíveis: gasolina comum, gasolina aditivada, gasolina podium, etanol e GNV.

Os resultados de consumo da gasolina comum, aditivada e podium possuem valores próximos, conforme mostra a Tabela 5.1. Dessa forma não há diferença significativa.

O consumo no caso do etanol apresenta um aumento aproximado de 30% se comparado ao consumo de gasolina comum. Dessa forma, se o preço do etanol for inferior a 70% do preço da gasolina comum, compensa utilizar esse combustível.

O GNV por ter um preço atrativo em relação ao da gasolina e do etanol, torna-se economicamente vantajoso. O condutor rodando 100 km por dia em perímetro urbano utilizando o GNV economiza anualmente R\$ 4085,26 em relação à gasolina comum e R\$ 4.193,92 comparado com o etanol, considerando o preço do m<sup>3</sup> do GNV de R\$ 1,78, da gasolina comum R\$ de 2,69 e do etanol de R\$ 1,99. Desta forma o consumo anual utilizando o GNV é aproximadamente 40% menor, comparado com o consumo dos combustíveis líquido.

Tabela 5.1 – Valores dos Cálculos de Consumo

Valores dos cálculos de consumo	Ciclo de condução urbano		Ciclo de condução em estrada		Autonomia combinada
<b>Gasolina comum</b>	10,05 L/100 km	9,96 km/L	6,46 L/100 km	15,49 km/L	11,86 km/L
<b>Gasolina aditivada</b>	10,17 L/100 km	9,83 km/L	6,65 L/100 km	15,04 km/L	11,65 km/L
<b>Gasolina podium</b>	10,62 L/100 km	9,42 km/L	7,06 L/100 km	14,16 km/L	11,09 km/L
<b>Etanol</b>	13,86 L/100 km	7,22 km/L	9,69 L/100 km	10,32 km/L	8,34 km/L
<b>GNV</b>	8,90 m <sup>3</sup> /100 km	11,23 km/m <sup>3</sup>	5,78 m <sup>3</sup> /100 km	17,27 km/m <sup>3</sup>	13,33 km/m <sup>3</sup>



O gráfico da Figura 5.2 mostra o resultado do ensaio realizado com Gasolina comum. A curva começa a cair quando o motor atinge a potência de 58,3 kW. A curva de potência mostra que o motor consegue uma potência maior a uma velocidade de 120 km/h, a uma rotação de 4650 rpm em quarta marcha. Observa-se que a curva de potência é mais irregular, quando comparada com a curva de potência do ensaio utilizando o etanol. A linha ascendente da curva apresenta pequenas oscilações durante o ensaio. Desta forma, o  $\Delta P$  mostra um resultado negativo como indicado na Tabela 5.2, pois apresenta valor inferior ao indicado pelo fabricante do veículo.

Figura 5.2 – Curva de potência utilizando gasolina comum



O gráfico da Figura 5.3 mostra o resultado do ensaio realizado com Gasolina aditivada. A curva começa a cair quando o motor atinge a potência de 58,2 kW. A curva de potência mostra que o motor consegue uma potência maior a uma velocidade de 120,5 km/h, a uma rotação de 4660 RPM em quarta marcha.

Figura 5.3 – Curva de potência utilizando gasolina aditivada



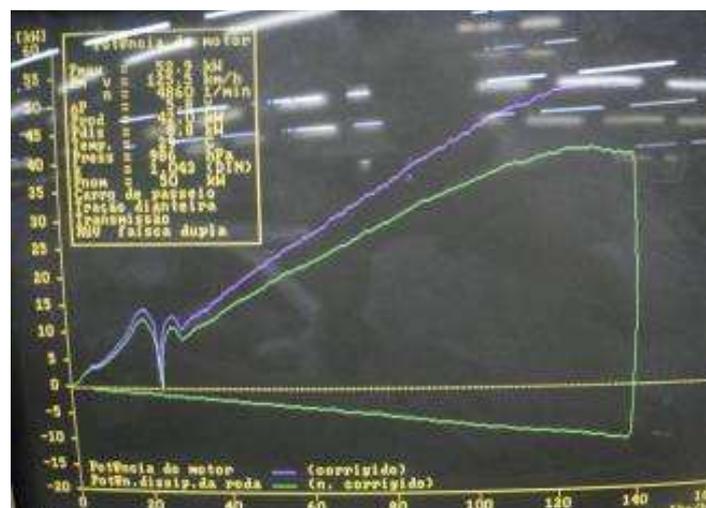
O gráfico da Figura 5.4 mostra o resultado do ensaio realizado com Gasolina Podium. A curva começa a cair quando o motor atinge a potência de 57,6 kW. A curva de potência mostra que o motor consegue uma potência maior a uma velocidade de 123 km/h, a uma rotação de 4750 RPM em quarta marcha.

Figura 5.4 – Curva de potência utilizando gasolina Podium



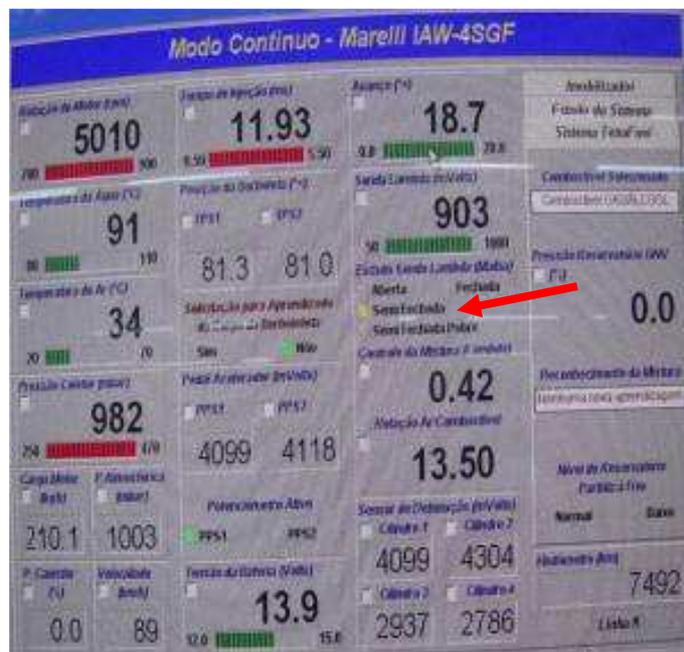
O gráfico da Figura 5.5 mostra o resultado do ensaio realizado com o GNV. A curva começa a cair quando o motor atinge a potência de 52,9 kW. A curva de potência mostra que o motor consegue uma potência maior a uma velocidade de 125,5 km/h, a uma rotação de 4860 rpm em quarta marcha.

Figura 5.5 – Curva de potência utilizando o GNV



Durante os ensaios de potência através do scanner da NAPRO PC-SCAN3000 possibilitava visualizar vários parâmetros do motor do veículo. O parâmetro da autoadaptação da central eletrônica no scanner mostra o estado da sonda lambda como semi fechada durante o ensaio de potência utilizando a gasolina Podium. Portanto a central eletrônica adotava o método “Open loop” (circuito aberto) para garantir o máximo desempenho do motor do veículo em condições de plena carga. A Figura 5.6 mostra a tela do *scanner* mostrando o estado da sonda lambda como semi fechada durante o ensaio de potência utilizando a gasolina Podium.

Figura 5.6 - Tela do *scanner*



---

**Capítulo 6**

**Conclusão**

---

## Capítulo 6 - Conclusões

Os ensaios de potência máxima e consumo específico realizados com o veículo *tetrafuel* em dinamômetro de chassi atenderam aos objetivos propostos, possibilitando a obtenção de resultados conclusivos a partir da análise comparativa dos combustíveis comercializados nacionalmente: gasolina comum (Tipo C), gasolina aditivada (Tipo C), gasolina Podium (Premium), etanol (AEHC) e gás natural (GNV). Os ensaios foram realizados seguindo a Norma ABNT NBR 7024 - Veículos rodoviários leves – Medição do consumo de combustível.

Os resultados dos ensaios de consumo específico com as gasolinas comum, aditivada e Podium resultaram em valores próximos, tanto no ciclo de condução urbano como também no ciclo de condução de estrada. Respectivamente, os resultados foram 10,05 km/L, 10,17 km/L e 10,62 km/L no ciclo de condução urbano e no ciclo de condução em estrada foram respectivamente 15,49 km/L, 15,04 km/L e 14,16 km/L.

O etanol foi o combustível que apresentou maior consumo específico, chegando a 7,22 km/L no ciclo de condução urbano e 10,32 km/L no ciclo de condução de estrada, comparado aos combustíveis líquidos. Já o GNV apresentou melhor resultado econômico em relação ao consumo de combustível, resultando em 11,23 km/m<sup>3</sup> em percurso urbano e 17,27 km/m<sup>3</sup> em estrada, considerando R\$ 2,69 o preço do litro da gasolina comum e da aditivada, R\$ 3,30 da gasolina Podium, R\$ 1,99 do Etanol e R\$ 1,78 do GNV.

Os resultados dos ensaios de potência máxima com as gasolinas comum, aditivada e Podium resultaram também em valores próximos. Os resultados foram respectivamente 58,3 kW, 58,2 kW e 57,6 kW. Considerando a resolução do equipamento dinamômetro de chassi de  $\pm 2$  kW, conforme indicado pelo fabricante, os resultados são praticamente iguais.

O etanol apresentou um valor de potência superior em relação aos combustíveis utilizados, resultando em 61 kW. Já o GNV apresentou um valor de potencia inferior, de 52,9 kW.

Este trabalho conclui que o GNV é o combustível mais econômico por quilômetro rodado em termos de consumo específico considerando a média harmônica ponderada das autonomias de combustível urbano e em estrada, aproximadamente 41% menor em relação à gasolina comum e 44% menor em relação ao etanol. O consumo no caso do etanol apresenta um aumento aproximado de 30% se comparado ao consumo de gasolina comum. Dessa

forma, se o preço do etanol for inferior a 70% do preço da gasolina comum, compensa utilizar esse combustível quando o interesse é apenas econômico. Em termos de potência máxima o etanol apresenta valor significativamente maior em relação aos demais combustíveis.

A escolha do combustível utilizado pelo condutor do veículo deve ser analisada portanto, em termos de custo x benefício, considerando o regime de trabalho exigido pelo veículo, como também o percurso e o ciclo de condução escolhido.

---

## **Referências**

---

## Referências

ALTA na venda de flex empurra preço do álcool. In: ABEGÁS. Disponível em: <[http://www.abegas.org.br/imp\\_noticia\\_view.php?CodNot=16041&CodEditoria=4](http://www.abegas.org.br/imp_noticia_view.php?CodNot=16041&CodEditoria=4)>. Acesso em: 10 out.2010.

AMORIM, R.J., BAÊTA, J.G.C., VALLE, R.M. et al. Experimental analysis of flexible fuel systems in spark ignition engine, **SAE 2005 Fuels & Lubricants Meeting & Exhibition**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, maio, 2005.

AERODINÂMICA. In: AUTOPÉDIA. Disponível em: <[http://www.xl.pt/autopedia/car\\_chas\\_aero/aerodinamica.shtml](http://www.xl.pt/autopedia/car_chas_aero/aerodinamica.shtml)>. Acesso em: 02 set.2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6601**: veículos automotores rodoviários automotores leves – determinação de hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e dióxido de carbono no gás de escapamento. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7024** : veículos rodoviários automotores leves – medição do consumo de combustível. Rio de Janeiro, 2010.

BAÊTA, J. G. C. **Metodologia experimental para maximização do desempenho de um motor multicomcombustível turboalimentado sem prejuízo à eficiência global**. Tese de Doutorado ( Engenharia Mecânica) - UFMG, Belo Horizonte, MG, 2006.

GLOBO GÁS. **Gás natural**. Disponível em: <<http://www.globogasbrasil.com.br/tag/2%C2%AA-geracao/>>. Acesso em: 02 dez. 2010.

GASNET. **Indicadores do GNV**. Disponível em: <<http://www.gasnet.com.br/conteudos.asp?cod=9956&tipo=IndicadoresGNV&categoria=5>> Acesso em: 10 set.2010.

MARTINELLI JUNIOR, Luiz Carlos. **Máquinas térmicas I**: Motores de Combustão Interna. Rio Grande do Sul: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2002.

MARTINELLI JUNIOR, Luis Carlos. Uma breve história sobre os motores de combustão interna. Rio Grande do Sul: Universidade Regional de Unijuí do Estado do Rio Grande do Sul, 2002.

MARTINELLI JUNIOR, Luis Carlos. **Motores de combustão interna**. Rio Grande do Sul: Universidade Regional de Unijuí do Estado do Rio Grande do Sul, 2002.

MACHADO, G.B., MELO, T.C.C., LASTRES, L.F.M. Panorama of natural gas usage in heavy duty vehicles in Brazil, **SAE 2005 Fuels & Lubricants Meeting & Exhibition**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, maio, 2005.

MAXWELL, Timothy T.; JONES, Jesse C. **Alternative fuels**. EUA: Society of Automotive Engineers, Inc., 1995.

MELO, Tadeu Cavalcante. **Modelagem termodinâmica de um motor do ciclo otto tipo flex-fuel, funcionando com gasolina, álcool e gás natural**. 2007. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MELO, T.C.C., KRONENBERGER, S. Evaluation of the amazon forest low methane natural gas for vehicular applications, **SAE 2005 Fuels & Lubricants Meeting & Exhibition**, Rio de Janeiro, Brasil, maio, 2005.

OBERT, Edward F. **Motores de combustão interna**. Porto alegre: Globo, 1971.

ROSSETTI, Arthur. **Partida a frio em motores flex já é realidade. Oficina brasil**. Disponível em: <<http://www.oficinabrasil.com.br/index.php/tecnologia/278-partida-a-frio-em-motores-flex-ja-e-realidade>>. Acesso em: 18 out.2010.

THE VERY FIRST ETHANOL FLEX FUEL VEHICLE – THE FORD MODEL “T” (1908). In: EcoBioFuel. Disponível em: <<http://www.ecobiofuel.ie/the-very-first-ethanol-flex-fuel-vehicle-the-ford-model-t-1908/>>. Acesso em: 10 set.2010.

VEÍCULO FLEX. In: WIKIPEDIA - Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ve%C3%ADculo\\_flex](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ve%C3%ADculo_flex)>. Acesso em: 01 dez. 2010.

VENDA de carros flex pressionna preço do etanol. Disponível em:<<http://blogs.estadao.com.br/jt-seu-bolso/venda-de-carros-flex-pressionna-preco-do-etanol/>>. Acesso em: 04 ago. 2010.

---

## **Apêndice**

---



## Apêndice B - Planilha com as Coordenadas do Ciclo de Condução de Estrada

MINUTOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
00:00:00	0	0	0	5	10	15	20	25	35	45	50	55										60										65																									
CÂMBIO	NEUTRO					1	2					3															4																														
00:01:00	75															80																																									
CÂMBIO	5															4															5																										
00:02:00	75	80					75	65					70	75					80	75																																					
CÂMBIO	5					4										5																																									
00:03:00	70										65					70	75																																								
CÂMBIO	4															5																																									
00:04:00	75	80					75					70	65	60	55	50																																									
CÂMBIO	5										4					3																																									
00:05:00	50	60	65	70	75					80	85	90	95																																												
CÂMBIO	3	4					5																																																		
00:06:00	90										95																																														
CÂMBIO	5																																																								
00:07:00	95										90																																														
CÂMBIO	5																																																								
00:08:00	90																																																								
CÂMBIO	5																																																								
00:09:00	90					85					80																																														
CÂMBIO	5																																																								
00:10:00	80	75					80	85	90	85	75	80	85																																												
CÂMBIO	5																																																								
00:11:00	80	85					80					90																																													
CÂMBIO	5																																																								
00:12:00	95	90					85	80	75	70	60	45	40	35	30	30	25	20	15	10	10	5	5	0	0	0	0																														
CÂMBIO	5					4					3	2					1					NEUTRO																																			

---

## **Anexos**

---

## Anexo A – Relatórios de Ensaio de Combustível Líquido

### A.1 - Gasolina comum

	<b>Universidade Federal do Rio Grande do Norte</b> <b>Departamento de Química</b> <b>Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes - LCL</b> Av. Salgado Filho, 3000, Cidade Universitária Natal-RN - CEP: 59078-970 Fone: (84) 3211 9240			
	<b>RELATÓRIO DE ENSAIO</b> <b>Nº 00007 / 10</b> Gasolina Automotiva – Portaria ANP Nº. 309/2001 Regulamento Técnico ANP Nº 5/2001 Portaria ANP Nº 274/2001 Resolução MAPA Nº 37/2007			
Nome do Solicitante: <b>Raphael Araújo de Holanda</b>		Número da Proposta: -		
Endereço: <b>Pós-Graduação em Ciência e Engenharia do Petróleo, UFRN</b>				
Município: <b>Natal</b>	Estado: <b>RN</b>	CEP: -		
Número da Amostra: <b>TERC 1582/10</b>		Número do Lacre: -		
Data de Coleta: -		Data de Recebimento: <b>29/10/2010</b>		
Gasolina: <input checked="" type="checkbox"/> Comum: <input type="checkbox"/> Premium		Tipo: A <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> Aditivada <input type="checkbox"/>		
Responsável: <b>Raphael Araújo de Holanda</b>				
Observações: Amostra em questão foi entregue ao Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes da UFRN pelo responsável acima citado. D LCL – UFRN não é responsável pela coleta da amostra em questão.				
CARACTERÍSTICAS		RESULTADOS	ESPECIFICAÇÃO	MÉTODOS
Aspecto		Limpido e isento de impurezas	Limpido e isento de impurezas	NBR 14954
Cor		Amarela	Amarela	-
Massa Específica a 20°C, Kg/m <sup>3</sup>		759,4	Anotar	NBR 14065
Teor de AEAC, % vol		25	25 ± 2	NBR 13992
MON		82,0	82,0	Infravermelho
RON		95,6	Anotar	Infravermelho
IAD		88,8	87,0	Infravermelho
Benzeno		0,2	1,0	D 6277
Aromático		17,6	45	-
Olefinicos		10,5	30	-
Saturados		45,9	Anotar	-
Destilação, °C	Ponto inicial	36,3	Anotar	NBR 9619 e D 86
	10% do Recuperado	57,8	65,0	
	50% do Recuperado	72,8	80,0	
	90% do Recuperado	160,7	190,0	
	Ponto final	187,9	220,0	
	Resíduo	1,4	2,0	
<b>Conclusões:</b>				
A amostra de gasolina comum está conforme as especificações da ANP para os ensaios realizados.				
<b>Responsável pela Análise</b>				
Nome: <b>Carmila Gisele Damasceno Peixoto</b>		 Nº do CRQ 15.200.073 – 15ª R		
Cargo: <b>Gerente Técnica</b>				
Período dos Ensaios: <b>05/11/2010 a 25/11/2010</b>				
Data Emissão: <b>29/11/2010</b>				
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN Campus Universitário - CCET - Dep. de Química - Av. Senador Salgado Filho, 3000 Lagoa Nova, Natal - RN Telfax: 84 3211 9240 <a href="http://www.lcl.ufrn.br">www.lcl.ufrn.br</a> - <a href="mailto:ufrn.lcl@lcl.ufrn.br">ufrn.lcl@lcl.ufrn.br</a>				

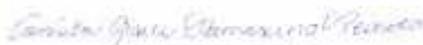
LCL		Print-Date : 29-Nov-10 1:52 PM		
Herzog MP 626 - HDA 627/628		Unit Number : 1 --- Software - Version : HDA 1.0C		
Sample number : TERC 1582 10				
Sample Description : Comum / Aditivada				
Date of Measurement: 05-Nov-10 9:22:45 AM				
Dist. Standard : ASTM D 88 - G2				
Dist. Group : 2				
Thermometer : 7C/7F				
Measurement Program : GASOLINA				
Corrections of temperatures : barometric corr. acc. D-88 / Evap. corr.				
Barometric Pressure : 1012.0 hPa				
Distillation Residue : 1.4 ml				
Recovery : 97.7 vol % (observed : 97.7 vol %)				
Distillation Loss : 0.9 ml (observed : 0.9 ml)				
Stop Point : -- ml / -- °C				
Volume	Dist. rate	Dist. temp.	Barom. corr.	Evap. corr.
IBP	345.0 s	36.3 °C	36.3 °C	36.3 °C
5 %	69.0 s	50.1 °C	50.1 °C	49.1 °C
10 %	4.7 ml/min	53.8 °C	53.8 °C	52.8 °C
15 %	5.0 ml/min	57.0 °C	57.0 °C	56.4 °C
20 %	5.2 ml/min	60.0 °C	60.0 °C	59.2 °C
30 %	5.5 ml/min	64.9 °C	64.9 °C	64.2 °C
40 %	5.4 ml/min	69.0 °C	69.0 °C	68.8 °C
50 %	5.9 ml/min	72.0 °C	72.0 °C	71.9 °C
60 %	5.8 ml/min	74.1 °C	74.1 °C	74.0 °C
70 %	1.7 ml/min	81.4 °C	81.4 °C	77.3 °C
80 %	5.8 ml/min	137.8 °C	137.8 °C	137.1 °C
85 %	4.6 ml/min	150.9 °C	150.9 °C	148.4 °C
90 %	4.5 ml/min	160.7 °C	160.7 °C	158.8 °C
95 %	38.0 s	175.2 °C	175.2 °C	172.1 °C
FBP	103.0 s	187.9 °C	187.8 °C	187.9 °C

## A.2 Gasolina aditivada

	<b>Universidade Federal do Rio Grande do Norte</b> <b>Departamento de Química</b> <b>Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes - LCL</b> Av. Salgado Filho, 3000, Cidade Universitária Natal-RN - CEP: 59078-970 Fone: (84) 3211 5240		
	<b>RELATÓRIO DE ENSAIO</b> <b>N°00008 / 10</b> Gasolina Automotiva – Portaria ANP Nº. 309/2001 Regulamento Técnico ANP Nº 5/2001 Portaria ANP Nº 274/2001 Resolução MAPA Nº 27/2007		
Nome do Solicitante: Raphael Araújo de Holanda		Número da Proposta: -	
Endereço: Pós-Graduação em Ciência e Engenharia do Petróleo, UFRN			
Município: Natal	Estado: RN	CEP: -	
Número da Amostra: TERC 1583/10		Número do Lacre: -	
Data de Coleta: -		Data de Recebimento: 29/10/2010	
Gasolina: ( x ) Comum: ( ) Premium		Tipo: A ( ) C ( ) Aditivada ( x )	
Responsável: Raphael Araújo de Holanda			
<b>Observações:</b> Amostra em questão foi entregue ao Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes da UFRN pelo responsável acima citado. O LCL - UFRN não é responsável pela coleta da amostra em questão.			
CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS	ESPECIFICAÇÃO	MÉTODOS
Aspecto	Límpido e isento de impurezas	Límpido e isento de impurezas	NER 14954
Cor	Verde	Amarela	-
Massa Específica a 20°C, Kg/m <sup>3</sup>	763,4	Anotar	NER 14065
Teor de AEAC, % vol	32	25 ± 2	NER 13992
MON	82,4	82,0	Infravermelho
RON	96,1	Anotar	Infravermelho
IAD	89,3	87,0	Infravermelho
Benzeno	0,4	1,0	D 6277
Aromático	17,9	45	-
Olefinicos	13,0	30	-
Saturados	39,7	Anotar	-
Destilação, °C	Ponto inicial	37,0	Anotar
	10% do Recuperado	54,1	65,0
	50% do Recuperado	73,2	80,0
	90% do Recuperado	160,4	190,0
	Ponto final	186,5	220,0
	Resíduo	1,3	2,0
NBR 9619 e D 86			
<b>Conclusões:</b> A amostra de gasolina aditivada está não conforme as especificações da ANP para o ensaio de teor de álcool etílico anidro combustível (AEAC).			
<b>Responsável pela Análise</b> <b>Nome:</b> Camilla Gisele Damasceno Peixoto <b>Cargo:</b> Gerente Técnica <b>Período dos Ensaio:</b> 05/11/2010 a 25/11/2010 <b>Data Emissão:</b> 29/11/2010			
			 N° do CRQ 15.200.073 – 15ª R
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN Campus Universitário - CCT - Dep. de Química - Av. Senador Salgado Filho, 3000 Lagoa Nova, Natal – RN			

LCL		Print-Date : 29-Nov-10 1:51 PM		
Herzog MP 626 - HDA 627/628		Unit Number : 1 --- Software - Version : HDA 1.0C		
Sample number : TERC 1583 10				
Sample Description : Cornum / Aditivada				
Date of Measurement: 05-Nov-10 8:33:06 AM				
Dist. Standard : ASTM D 86 - G2				
Dist. Group : 2				
Thermometer : 7C/7F				
Measurement Program : GASOLINA				
Corrections of temperatures : barometric corr. acc. D-86 / Evap. corr.				
Barometric Pressure : 1012.0 hPa				
Distillation Residue : 1.3 ml				
Recovery : 97.8 vol % (observed :97.8 vol %)				
Distillation Loss : 0.9 ml (observed :0.9 ml )				
Stop Point : -- ml / -- °C				
Volume	Dist. rate	Dist. temp.	Barom. corr.	Evap. corr.
IBP	348.0 s	37.0 °C	37.0 °C	37.0 °C
5 %	69.0 s	50.1 °C	50.1 °C	49.3 °C
10 %	4.6 ml/min	54.1 °C	54.1 °C	53.2 °C
15 %	4.8 ml/min	57.5 °C	57.5 °C	57.0 °C
20 %	4.8 ml/min	60.7 °C	60.7 °C	60.2 °C
30 %	5.2 ml/min	66.1 °C	66.1 °C	65.7 °C
40 %	5.3 ml/min	70.3 °C	70.3 °C	70.0 °C
50 %	5.6 ml/min	73.2 °C	73.2 °C	73.1 °C
60 %	5.7 ml/min	74.9 °C	74.9 °C	74.8 °C
70 %	5.7 ml/min	76.4 °C	76.4 °C	76.4 °C
80 %	5.6 ml/min	137.9 °C	137.9 °C	135.0 °C
85 %	5.0 ml/min	149.6 °C	149.6 °C	147.3 °C
90 %	5.3 ml/min	160.4 °C	160.4 °C	158.7 °C
95 %	42.0 s	173.5 °C	173.5 °C	169.3 °C
FBP	94.0 s	186.5 °C	186.5 °C	186.5 °C

## A.3 Gasolina Podium

	<b>Universidade Federal do Rio Grande do Norte</b> <b>Departamento de Química</b> <b>Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes - LCL</b> Av. Salgado Filho, 3000, Cidade Universitária Natal-RN - CEP:59078-970 Fone: (84) 3211.9240		
	<b>RELATÓRIO DE ENSAIO</b> <b>N°00009/10</b> Gasolina Automotiva – Portaria ANP N°. 309/2001 Regulamento Técnico ANP N° 5/2001 Portaria ANP N° 274/2001 Resolução MAPA N° 37/2007		
Nome do Solicitante: <b>Raphael Araújo de Holanda</b>		Número da Proposta: -	
Endereço: <b>Pós-Graduação em Ciência e Engenharia do Petróleo, UFRN</b>			
Município: <b>Natal</b>	Estado: <b>RN</b>	CEP: -	
Número da Amostra: <b>TERC 1584/10</b>		Número do Lacre: -	
Data de Coleta: -		Data de Recebimento: <b>29/10/2010</b>	
Gasolina: ( ) Comum: ( ) Premium		Tipo: A ( ) C ( ) Aditivada ( )	
Responsável: <b>Raphael Araújo de Holanda</b>			
<b>Observações:</b> Amostra estava identificada como "Gasolina Podium 2". Amostra em questão foi entregue ao Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes da UFRN pelo responsável acima citado. O LCL - UFRN não é responsável pela coleta da amostra em questão.			
CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS	ESPECIFICAÇÃO	MÉTODOS
Aspecto	Limpido e isento de impurezas	Limpido e isento de impurezas	NBR 14954
Cor	Laranja	Amarela	-
Massa Específica a 20°C, Kg/m <sup>3</sup>	728,0	Anotar	NBR 14065
Teor de AEAC, % vol	27	25 ± 2	NBR 13992
MON	95,2	82,0	Infravermelho
RON	107,1	Anotar	Infravermelho
IAD	95,1	87,0	Infravermelho
Benzeno	0,0	1,0	D 6277
Aromático	4,8	45	-
Olefinicos	0,0	30	-
Saturados	68,0	Anotar	-
Destilação, °C	Ponto inicial	34,7	Anotar
	10% do Recuperado	53,5	65,0
	50% do Recuperado	72,5	80,0
	90% do Recuperado	156,8	190,0
	Ponto final	186,8	220,0
	Resíduo	1,3	2,0
NBR 9619 e D 86			
<b>Conclusões:</b> As especificações neste documento correspondem às de gasolina tipo C. Observa-se que a octanagem deste combustível é maior que os valores apresentados em gasolinas tipo C (comum e aditivada).			
<b>Responsável pela Análise</b> <b>Nome:</b> Camila Gisele Damasceno Peixoto <b>Cargo:</b> Gerente Técnica <b>Período dos Ensaio:</b> 05/11/2010 a 25/11/2010 <b>Data Emissão:</b> 29/11/2010			
		 <b>N° do CRQ 15.200.073 – 15ª R</b>	
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN Campus Universitário - CCET - Dep. de Química - Av. Senador Salgado Filho, 3000 Lagoa Nova, Natal – RN Telfax: 84 3211 9240 <a href="http://www.dl.ufrn.br">www.dl.ufrn.br</a> - <a href="mailto:ufrn.fuel@dl.ufrn.br">ufrn.fuel@dl.ufrn.br</a>			

LCL		Print-Date : 29-Nov-10 1:52 PM		
Herzog MP 626 - HDA 627/628		Unit Number : 1 - ---- Software - Version : HDA 1.0C		
Sample number : TERC 1504 10				
Sample Description : Cornum / Aditivada				
Date of Measurement: 05-Nov-10 10:12:16 AM				
Dist. Standard : ASTM D 86 - G2				
Dist. Group : 2				
Thermometer : 7C/7F				
Measurement Program : GASOLINA				
Corrections of temperatures : barometric corr. acc. D-86 / Evap. corr.				
Barometric Pressure : 1012.0 hPa				
Distillation Residue : 1.5 ml				
Recovery : 97.9 vol % (observed : 97.9 vol %)				
Distillation Loss : 0.6 ml (observed : 0.6 ml )				
Stop Point : -- ml / -- °C				
Volume	Dist. rate	Dist. temp.	Barom. corr.	Evap. corr.
IDP	345.0 s	34.7 °C	34.7 °C	34.7 °C
5 %	67.0 s	49.4 °C	49.4 °C	49.0 °C
10 %	4.6 ml/min	53.5 °C	53.5 °C	53.0 °C
15 %	4.3 ml/min	57.3 °C	57.3 °C	57.3 °C
20 %	4.9 ml/min	61.2 °C	61.2 °C	60.7 °C
30 %	5.2 ml/min	67.0 °C	67.0 °C	66.3 °C
40 %	5.7 ml/min	70.6 °C	70.6 °C	70.5 °C
50 %	6.2 ml/min	72.5 °C	72.5 °C	72.5 °C
60 %	6.5 ml/min	73.5 °C	73.5 °C	73.5 °C
70 %	3.5 ml/min	75.9 °C	75.9 °C	75.5 °C
80 %	8.6 ml/min	119.8 °C	119.8 °C	119.1 °C
85 %	6.3 ml/min	132.3 °C	132.3 °C	130.5 °C
90 %	2.7 ml/min	156.3 °C	156.3 °C	152.6 °C
95 %	32.0 s	172.5 °C	172.5 °C	171.0 °C
FBP	94.0 s	186.3 °C	186.3 °C	186.3 °C

## A.4 Etanol

	<b>Universidade Federal do Rio Grande do Norte</b> <b>Departamento de Química</b> <b>Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes - LCL</b> Av. São João Filho, 3000, Cidade Universitária Natal-RN - CEP: 59078-970 Fone: (84) 3211 9240		
	<b>RELATÓRIO DE ENSAIO</b> <b>Nº 00012/10</b> Álcool Etílico Hidratado Combustível - Portaria ANP Nº 36/2005 Regulamento Técnico ANP Nº 7/2005		
Nome do Solicitante: Raphael Araújo de Holanda		Número da Proposta: -	
Endereço: Pós-Graduação em Ciência e Engenharia do Petróleo, UFRN			
Município: Natal	Estado: RN	CEP: -	
Número da Amostra: TERC 1585/10		Número do Lacre: -	
Data de Coleta: -		Data de Recebimento: 29/10/2010	
Álcool: ( x ) Comum ( ) Aditivado		Tipo: ( ) Anidro ( x ) Hidratado	
Responsável: Raphael Araújo de Holanda			
Observações: Amostra em questão foi entregue ao laboratório de Combustíveis e Lubrificantes da UFRN pelo responsável acima citado. O LCL - UFRN não é responsável pela coleta de amostra em questão. Este relatório cancela e substitui o Relatório de Ensaio nº 00010/10.			
CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS	ESPECIFICAÇÃO	MÉTODOS
Aspecto	Límpido e isento de impurezas	Límpido e isento de impurezas	Visual
Cor	Incolor	*	Visual
Massa Específica a 20°C, Kg/m <sup>3</sup>	809,1	807,8 a 811,0	ABNT NBR 5992 / ASTM D 4052
Teor Alcoólico, °INPM	93,2	92,8 a 93,8	ABNT NBR 5992
Condutividade elétrica, µS/m	190	500 (máx)	ABNT NBR 10547
Potencial Hidrogeniônico (pH)	7,2	8,0 a 8,0	ABNT NBR 10891
<b>Conclusões:</b> A amostra de etanol combustível está conforme as especificações da ANP para os ensaios realizados.			
<b>Responsável pela Análise</b>			
Nome: Camila Gisele Damasceno Peixoto	Nº do CRQ 25.200.073 - 15ª R		
Cargo: Gerente Técnica			
Período dos Ensaios: 05/11/2010			
Data Emissão: 30/11/2010			
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN Campus Universitário - CCET - Dep. de Química - Av. Senador Salgado Filho, 3000 Lagoa Nova, Natal - RN Telef: 84 3211 9240 <a href="http://www.lcl.ufrn.br">www.lcl.ufrn.br</a> - <a href="mailto:ufrn@lcl.ufrn.br">ufrn@lcl.ufrn.br</a>			
RS-07, 00/01, 01/01/2010			Página 1 de 1

## Anexo B – Relatório de Ensaio de Combustível Gasoso



Ensaio  
NBR ISO/IEC  
17025

CRL 0164

Laboratório do Centro de Tecnologias do Gás e Energia Renováveis - LTG-ER  
Centro de Tecnologias do Gás e Energia Renováveis - CTGAS-ER  
SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL - SENAI/CTGAS-ER

Av. Capitão Mor Gouveia, 1480 - Lagoa Nova - 59063-400 - Natal, RN  
Tel.: 55 (84) 3204 - 8152 - Fax: 55 (84) 3204 - 8152  
pesquisa@ctgas.com.br - www.ctgas.com.br



**CTGAS-ER**  
Centro de Tecnologias do Gás  
& Energias Renováveis

### RELATÓRIO DE ENSAIO N°138/10-LQG

Cliente: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI/CTGAS-ER  
Av. Capitão Mor Gouveia, 1480 - Lagoa Nova - Natal/RN - CEP: 59063-400  
Laboratório do Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis - LTG-ER/LPG

Material ensaiado: Gás Natural  
Ordem de serviço: 2331/10

**1. IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL:**

Pressão de amostragem: 200 bar  
Temperatura de amostragem: 33°C  
Local de coleta da amostra: BR Posto Avenida Roberto Freire  
Hora da amostragem: 15h30min  
Data da amostragem: 10/11/2010  
Data de recebimento do material: 1/12/2010  
Data da execução do ensaio: 1/12/2010

**2. DETERMINAÇÃO DOS CONSTITUINTES E DO TEOR DE H<sub>2</sub>S NO GÁS NATURAL**

**2.1. RESULTADOS:** Os resultados apresentados abaixo, como sendo nulos, indicam que estes valores estão abaixo do limite de detecção do equipamento.

COMPOSTOS	COMPOSIÇÃO
Metano	90,03 % mol/mol
Etano	5,725 % mol/mol
Propano	0,70 % mol/mol
N-Butano	0,111 % mol/mol
I-Butano	0,086 % mol/mol
N-Pentano	0,020 % mol/mol
I-Pentano	0,027 % mol/mol
Hexano (superiores)	0,039 % mol/mol
Nitrogênio	2,281 % mol/mol
Dióxido de carbono	0,992 % mol/mol
Sulfeto de hidrogênio	Não solicitado

**2.2. INFORMAÇÕES ADICIONAIS:** As opiniões e interpretações expressas abaixo não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório e devem ser consideradas apenas como informações adicionais – Cálculo de propriedades a partir da composição via norma ISO 6978/95.

Índice de Wobbe	48,75 MJ/m <sup>3</sup>
Densidade	0,739 kg/m <sup>3</sup>
Densidade relativa	0,613
PCS	38,18 MJ/m <sup>3</sup>
Peso molecular	17,73 g/mol

*aulha.*

Página 1 de 2

Os resultados neste documento tem significação restrita e se aplicam ao espécime calibrado.  
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.  
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração. Reprodução de partes requer a aprovação escrita do laboratório.



Laboratório do Centro de Tecnologias do Gás e Energia Renováveis - LTG-ER  
 Centro de Tecnologias do Gás e Energia Renováveis - CTGAS-ER  
 SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL - SENAI/CTGAS-ER

Av. Capitão-Mor Gouveia, 1480 - Lagoa Nova - 59063-400 Natal, RN  
 Tel.: 55 (84) 3204 - 8152 - Fax: 55 (84) 3204 - 8152  
 pesquisa@ctgas.com.br - www.ctgas.com.br



### RELATÓRIO DE ENSAIO N°138/10-LQG

- 2.3. PROCEDIMENTOS DE ENSAIO:** A amostra foi analisada conforme o(s) procedimento(s) citado(s) abaixo.
- PO-LTG-008 – Determinação dos constituintes do gás natural por cromatografia em fase gasosa revisão 11, tendo como base a norma ASTM D 1945/2003.
  - PO-LTG-009 – Determinação de compostos de enxofre no gás natural e em combustíveis gasosos por cromatografia em fase gasosa revisão 09, baseado na norma ISO 19739/2004.
- 2.4. PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM:** A amostra foi coletada conforme o procedimento do laboratório, IT-LTG-002 – Amostragem de gás natural por purga com o próprio gás, revisão 08, ou sob a responsabilidade do cliente.
- 2.5. PADRÕES DE CALIBRAÇÃO PARA CONSTITUINTES:** A Calibração do cromatógrafo para a análise de constituintes no gás natural utilizou dois gases padrão preparado gravimetricamente com as composições abaixo descritas.

COMPOSTOS	CONCENTRAÇÃO (% mol/mol)	
Metano	88,71	77,45
Nitrogênio	1,508	0,87
Dióxido de carbono	0,852	0,1
Etano	7,616	12,49
Propano	1,005	6,047
Isobutano	0,102	1,009
Butano	0,0993	1,002
Isopentano	0,0405	0,346
Pentano	0,0305	0,346
Hexano	0,04	0,348

- 2.6. PADRÕES DE CALIBRAÇÃO PARA H<sub>2</sub>S (SULFETO DE HIDROGÊNIO):** A Calibração do cromatógrafo para a análise de H<sub>2</sub>S no gás natural utilizou dois gases padrão preparado gravimetricamente com as composições abaixo descritas.

N° DO CERTIFICADO	CONCENTRAÇÃO
40212830	4,43 mg/m <sup>3</sup>
40212831	15,78 mg/m <sup>3</sup>

### 3. OBSERVAÇÃO

- A coleta foi realizada pelo LPG.
- Este relatório atende aos requisitos de acreditação pela Cgcre/Inmetro, que avaliou a competência deste laboratório.

*Suelha F. de Andrade*  
 Suelha Ferreira de Andrade  
 Signatário(s) Autorizado(a)  
 CRQ n° 15200038

Página 2 de 2

## Anexo C – Registro de Consumo e da Distância Percorrida nos Ensaio de Consumo

### C.1 – Gasolina Comum

<b>TITULO DO ENSAIO: ENSAIO DE CONSUMO COM GASOLINA COMUM</b>	
<b>DATA: 20/10/2010</b>	
<b>HORA INICIAL: 18:30</b>	
<b>HORA FINAL: 22:00</b>	
<b>SIMULAÇÃO DO CICLO DE CONDUÇÃO URBANO</b>	
<b>FASE TRANSITÓRIA COM PARTIDA A FRIO</b>	
HORA INICIAL	19:50
PESO INICIAL (gramas)	8377,8
PESO FINAL (gramas)	7910
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6,1
HORA FINAL	19:58
<b>FASE ESTABILIZADA COM PARTIDA A FRIO</b>	
HORA INICIAL	19:58
PESO INICIAL (gramas)	7910
PESO FINAL (gramas)	7407,6
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6,3
HORA FINAL	20:12
<b>FASE TRANSITÓRIA COM PARTIDA A QUENTE</b>	
HORA INICIAL	20:24
PESO INICIAL (gramas)	7347,1
PESO FINAL (gramas)	6929,5
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6
HORA FINAL	20:33
<b>FASE ESTABILIZADA COM PARTIDA A QUENTE</b>	
HORA INICIAL	19:58
PESO INICIAL (gramas)	7910
PESO FINAL (gramas)	7407,6
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6,3
HORA FINAL	20:12
Utilizar tabela com ciclo de condução urbano	
<b>SIMULAÇÃO DO CICLO DE CONDUÇÃO ESTRADA</b>	
<b>FASE ÚNICA COM PARTIDA A QUENTE</b>	
HORA INICIAL	21:05
PESO INICIAL (gramas)	6649,9
PESO FINAL (gramas)	5797
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	17,4
HORA FINAL	21:18
Utilizar tabela com ciclo de condução estrada	

## C.2 – Gasolina Aditivada

<b>TITULO DO ENSAIO: ENSAIO DE CONSUMO GASOLINA ADITIVADA</b>	
<b>DATA: 21/10/2010</b>	
<b>HORA INICIAL: 18:30</b>	
<b>HORA FINAL: 20:00</b>	
<b>SIMULAÇÃO DO CICLO DE CONDUÇÃO URBANO</b>	
<b>FASE TRANSITÓRIA COM PARTIDA A FRIO</b>	
HORA INICIAL	18:46
PESO INICIAL (gramas)	8503
PESO FINAL (gramas)	8019,1
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6
HORA FINAL	18:54
<b>FASE ESTABILIZADA COM PARTIDA A FRIO</b>	
HORA INICIAL	19:15
PESO INICIAL (gramas)	7200
PESO FINAL (gramas)	6689,6
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6,4
HORA FINAL	19:29
<b>FASE TRANSITÓRIA COM PARTIDA A QUENTE</b>	
HORA INICIAL	19:06
PESO INICIAL (gramas)	7628,2
PESO FINAL (gramas)	7200
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6
HORA FINAL	19:15
<b>FASE ESTABILIZADA COM PARTIDA A QUENTE</b>	
HORA INICIAL	19:15
PESO INICIAL (gramas)	7200
PESO FINAL (gramas)	6689,6
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6,4
HORA FINAL	19:29
Utilizar tabela com ciclo de condução urbano	
<b>SIMULAÇÃO DO CICLO DE CONDUÇÃO ESTRADA</b>	
<b>FASE ÚNICA COM PARTIDA A QUENTE</b>	
HORA INICIAL	19:38
PESO INICIAL (gramas)	6681,8
PESO FINAL (gramas)	5818,7
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	17
HORA FINAL	19:51
Utilizar tabela com ciclo de condução estrada	

## C.3 – Gasolina Podium

**TITULO DO ENSAIO: ENSAIO DE CONSUMO GASOLINA PODIUM**

**DATA:04/11/2010**

**HORA INICIAL: 18:00**

**HORA FINAL: 21:00**

**SIMULAÇÃO DO CICLO DE CONDUÇÃO URBANO**

FASE TRANSITÓRIA COM PARTIDA A FRIO	
HORA INICIAL	18:31
PESO INICIAL (gramas)	8695,7
PESO FINAL (gramas)	8209,3
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6
HORA FINAL	18:39

FASE ESTABILIZADA COM PARTIDA A FRIO	
HORA INICIAL	18:39
PESO INICIAL (gramas)	8209,3
PESO FINAL (gramas)	7707,4
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6,3
HORA FINAL	18:53

FASE TRANSITÓRIA COM PARTIDA A QUENTE	
HORA INICIAL	19:02
PESO INICIAL (gramas)	7677,7
PESO FINAL (gramas)	7256,6
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6
HORA FINAL	19:10

FASE ESTABILIZADA COM PARTIDA A QUENTE	
HORA INICIAL	18:39
PESO INICIAL (gramas)	8209,3
PESO FINAL (gramas)	7707,4
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6,3
HORA FINAL	18:53

Utilizar tabela com ciclo de condução urbano

**SIMULAÇÃO DO CICLO DE CONDUÇÃO ESTRADA**

FASE ÚNICA COM PARTIDA A QUENTE	
HORA INICIAL	19:18
PESO INICIAL (gramas)	7261,1
PESO FINAL (gramas)	6366,5
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	17,4
HORA FINAL	19:31

Utilizar tabela com ciclo de condução estrada

## C.4 – Etanol

**TITULO DO ENSAIO: ENSAIO DE CONSUMO ETANOL**

**DATA: 29/10/2010**

**HORA INICIAL: 18:45**

**HORA FINAL: 21:00**

**SIMULAÇÃO DO CICLO DE CONDUÇÃO URBANO**

FASE TRANSITÓRIA COM PARTIDA A FRIO	
HORA INICIAL	19:00
PESO INICIAL (gramas)	9672,6
PESO FINAL (gramas)	9015,6
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6
HORA FINAL	19:09

FASE ESTABILIZADA COM PARTIDA A FRIO	
HORA INICIAL	19:09
PESO INICIAL (gramas)	9015,6
PESO FINAL (gramas)	8267,8
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6,3
HORA FINAL	19:23

FASE TRANSITÓRIA COM PARTIDA A QUENTE	
HORA INICIAL	19:26
PESO INICIAL (gramas)	8263,5
PESO FINAL (gramas)	7651,3
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6
HORA FINAL	19:34

FASE ESTABILIZADA COM PARTIDA A QUENTE	
HORA INICIAL	19:09
PESO INICIAL (gramas)	9015,6
PESO FINAL (gramas)	8267,8
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6,3
HORA FINAL	19:23

Utilizar tabela com ciclo de condução urbano

**SIMULAÇÃO DO CICLO DE CONDUÇÃO ESTRADA**

FASE ÚNICA COM PARTIDA A QUENTE	
HORA INICIAL	19:37
PESO INICIAL (gramas)	7648,8
PESO FINAL (gramas)	6284,2
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	17,4
HORA FINAL	19:49

Utilizar tabela com ciclo de condução estrada

## C.5 - GNV

<b>RELATÓRIO DE ENSAIO DE CONSUMO</b>	
<b>TITULO DO ENSAIO: ENSAIO DE CONSUMO GNV</b>	
<b>DATA: 25/11/2010</b>	
<b>HORA INICIAL: 19:15</b>	
<b>HORA FINAL: 22:00</b>	
<b>SIMULACAO DO CICLO DE CONDUCAO URBANO</b>	
FASE TRANSITÓRIA COM PARTIDA A FRIO	
HORA INICIAL	19:33
PESO INICIAL (gramas)	22908,2
PESO FINAL (gramas)	22529
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6,1
HORA FINAL	19:41
FASE ESTABILIZADA COM PARTIDA A FRIO	
HORA INICIAL	19:41
PESO INICIAL (gramas)	22529
PESO FINAL (gramas)	22081,9
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6,3
HORA FINAL	19:55
FASE TRANSITÓRIA COM PARTIDA A QUENTE	
HORA INICIAL	19:58
PESO INICIAL (gramas)	22078
PESO FINAL (gramas)	21723,7
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6
HORA FINAL	20:06
FASE ESTABILIZADA COM PARTIDA A QUENTE	
HORA INICIAL	19:41
PESO INICIAL (gramas)	22529
PESO FINAL (gramas)	22081,9
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	6,3
HORA FINAL	19:55
<small>Utilizar tabela com ciclo de condução urbano</small>	
<b>SIMULAÇÃO DO CICLO DE CONDUÇÃO ESTRADA</b>	
FASE ÚNICA COM PARTIDA A QUENTE	
HORA INICIAL	20:09
PESO INICIAL (gramas)	21718,5
PESO FINAL (gramas)	20974,1
DISTANCIA PERCORRIDA (Km)	17,4
HORA FINAL	20:22
<small>Utilizar tabela com ciclo de condução estrada</small>	