

A discussion on Price Parity between Hydrous Ethanol and Gasohol in FFV's

Luiz A. Horta Nogueira

LACAf Project
Interdisciplinary Center for Energy Planning/UNICAMP

Jayme B. de Holanda

National Institute of Energy Efficiency

Marcio T. Ávila

São Carlos Federal University



A discussion on Price Parity between Hydrous Ethanol and Gasohol in FFV's

Outline

- ✓ *Flexible fuel vehicles*
 - ✓ *Is there phase separation in tanks of FFV's?*
 - ✓ *Evolution of light vehicle fleet in Brazil*
 - ✓ *FFV's possibility of choice and consumer behavior*
- ✓ *Evaluating a dogma: modeling the parity (HE/E2X)*
- ✓ *Actual parity values*
- ✓ *Prospects for vehicle efficiency in Brazil*
- ✓ *Final remarks*

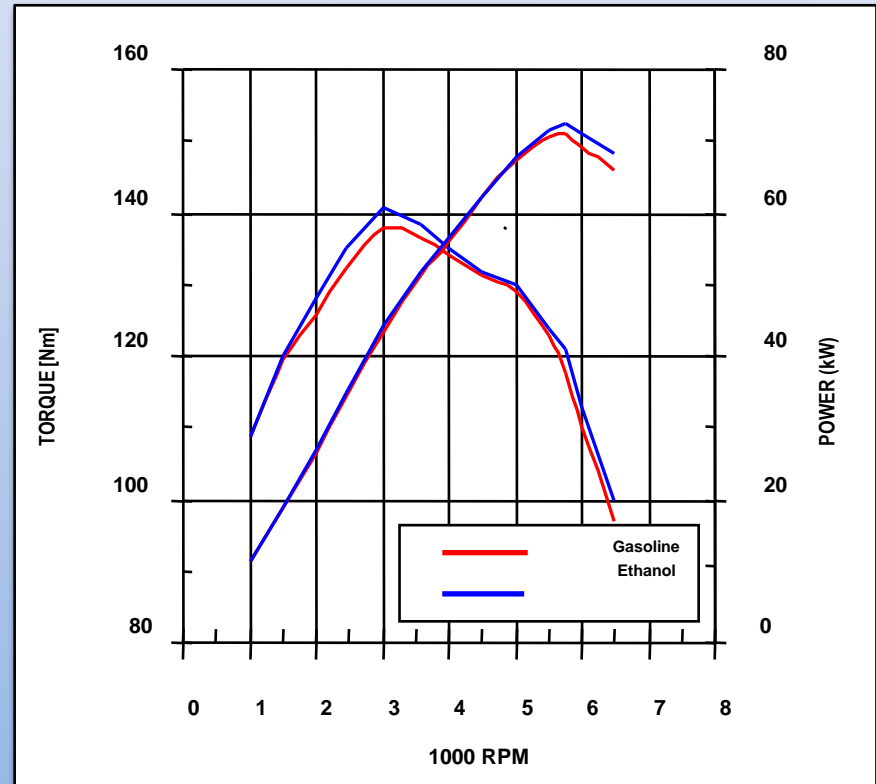
Flexible fuel vehicles in Brazil

In 2003 the Brazilian auto industry started to produce light vehicles with Otto cycle engines able to use any blend of pure hydrous ethanol and gasoline (blended with anhydrous ethanol).

Such FlexFuel Vehicles (FFV) present good performance and accomplish all environmental requirements.

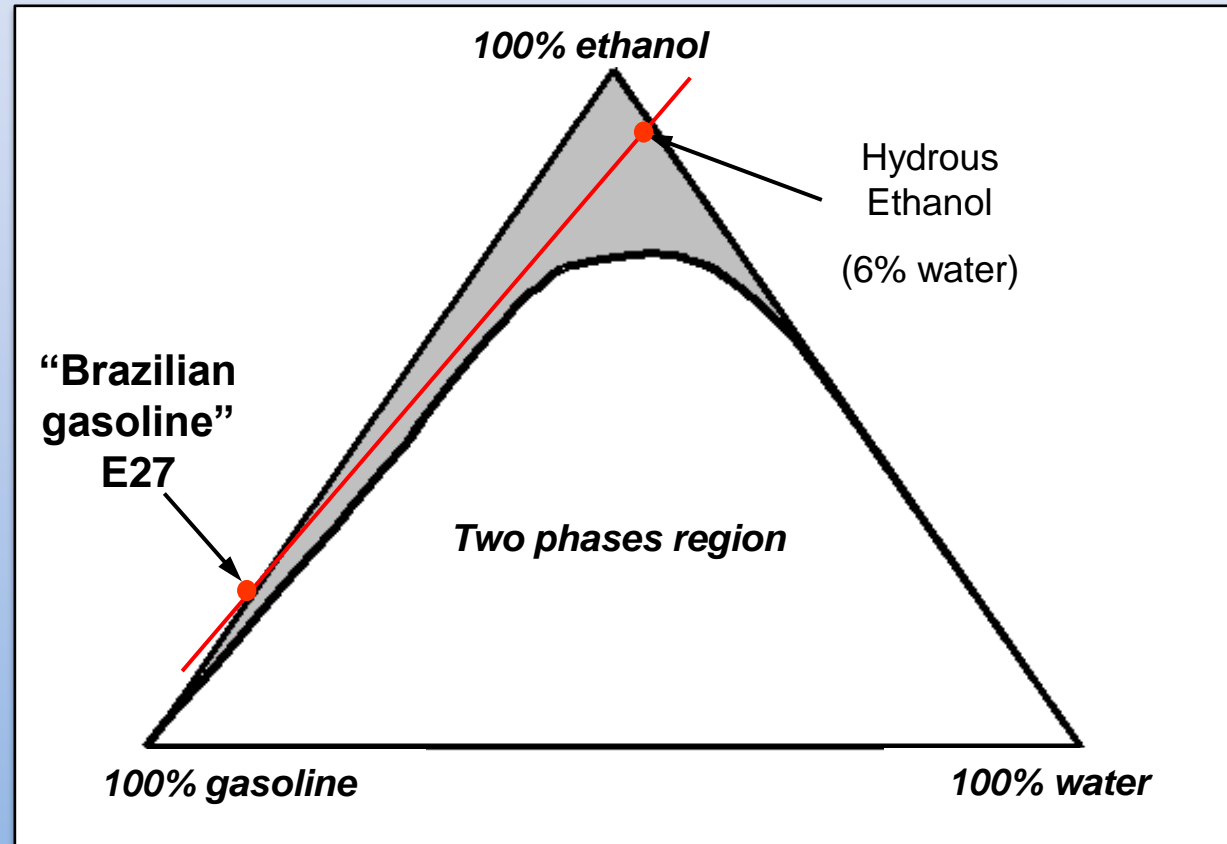


VW Gol 1.6 liter Total Flex engine performance with gasoline and ethanol
(VW, 2003)



Is there phase separation in tanks of FFV's?

There is no phase separation when mixing gasoline and hydrous ethanol because ethanol is a co-solvent (amphoterics), able to dissolve both water and gasoline. In fact, ethanol avoid water phase separation in gasoline.

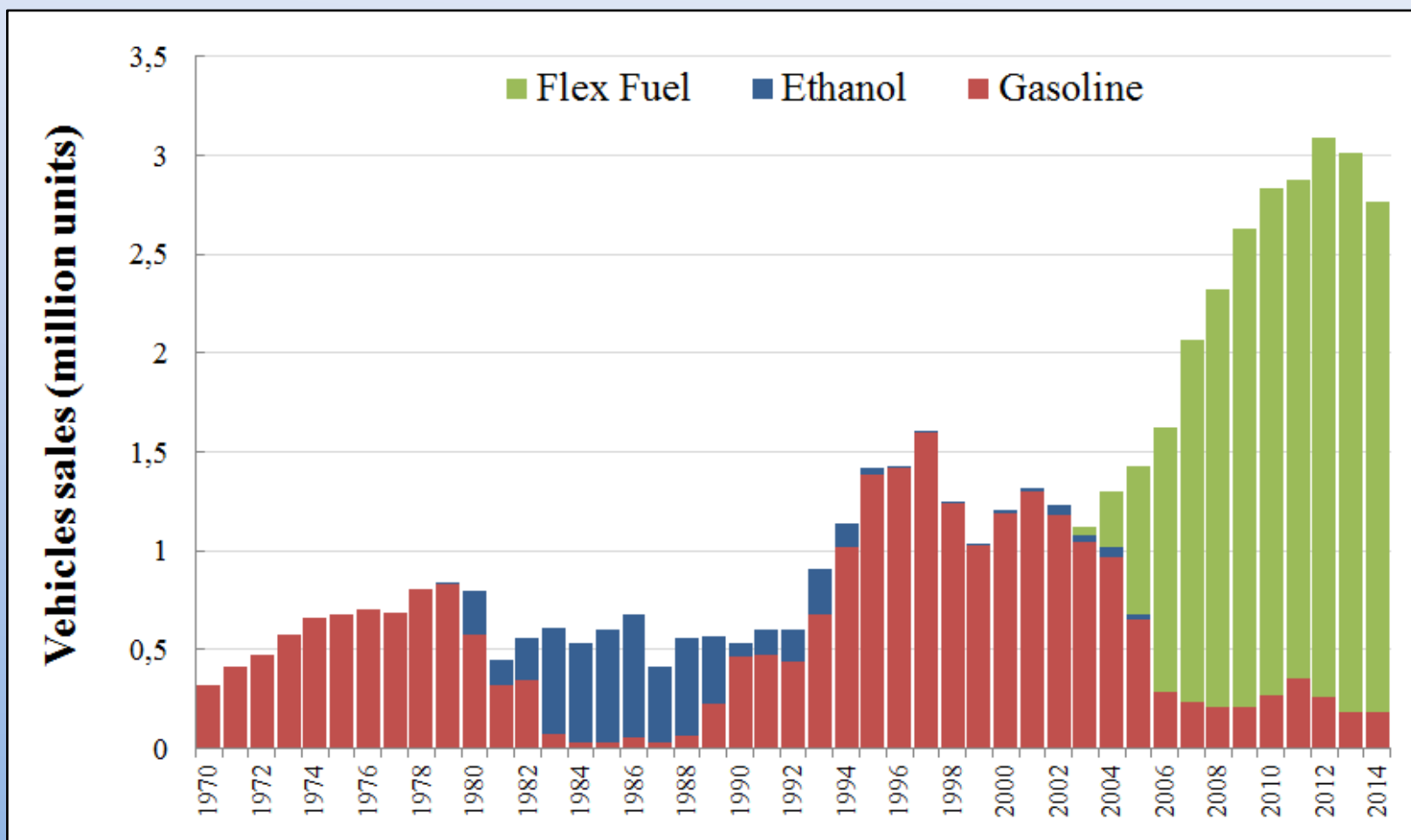


Ternary phase diagram
ethanol/gasoline/water
(CTC, 2004)

Evolution of light vehicle fleet in Brazil

Flexfuel vehicles were rapidly and successfully accepted by the Brazilian market. In 2014 they represented about 62% of a fleet with 38 million light vehicles (passenger cars and motorbikes).

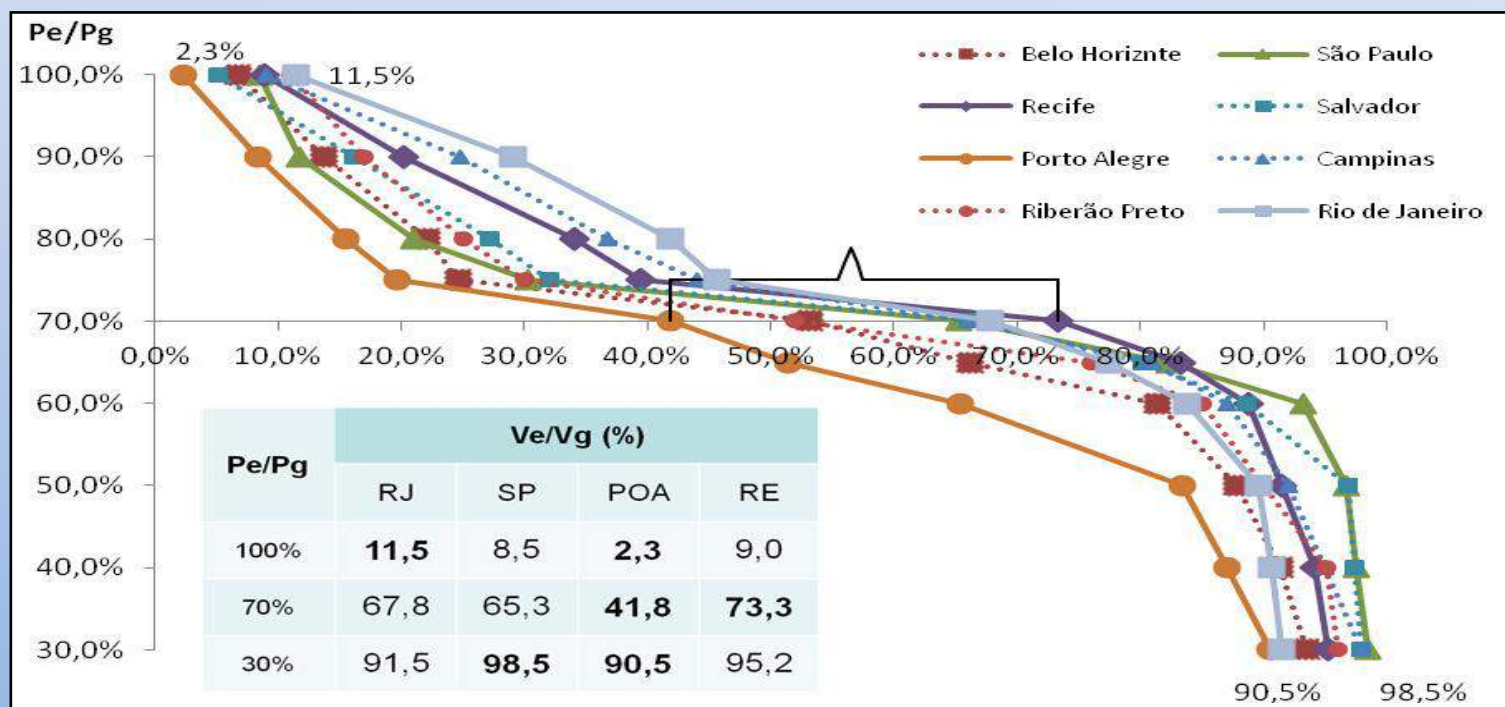
Annual sales of new light vehicles in Brazil (ANFAVEA, 2015)



FFV's possibility of choice and consumer behavior

FFV's owners decide what fuel will use when they fill up the tank of their vehicles, taking into account the price and relative performance of their car or motorbike with each fuel.

Looking for a rational decision, it is broadly assumed by consumers that a indifference or parity of prices occurs when $(P_{EH}/P_{E25}) < 0,7$ or a litre of ethanol costs 70% of a litre of gasoline.



Fuel consumer behavior as function of fuel price ratio (EPE, 2013)

Evaluating a dogma: modeling the parity (HE/E25)

The price parity or indifference of Hydrous Ethanol (HE) occurs when the fuel price compensates for the vehicle's differences in mileage when using Hydrous Ethanol instead of gasoline.

Parity condition:

$$P_{HE} C_{HE} = P_{E25} C_{E25}$$

$$\frac{P_{HE}}{P_{E25}} = \frac{C_{E25}}{C_{HE}}$$

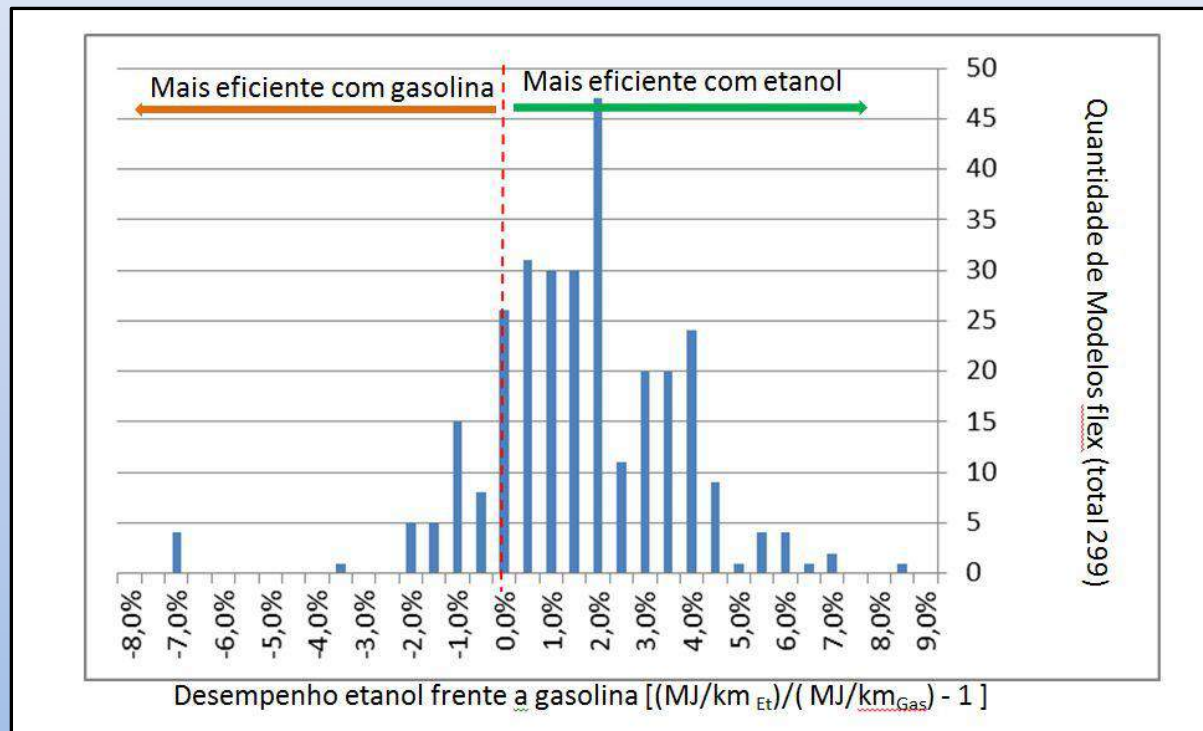
$$\frac{C_{E25}}{C_{EH}} = \left[\frac{(PC_i \rho \eta)_{EH}}{(PC_i \rho \eta)_{E25}} \right]$$

Considering the values of calorific value, density and typical current efficiency (for E25):

$$\frac{P_{HE}}{P_{E25}} = (0.68 \text{ to } 0.74) \text{ or } (68 \text{ to } 74\%)$$

Actual parity values

The Brazilian Vehicle Labeling Program presents regularly mileage data for Brazilian vehicles, evaluated under controlled conditions for urban and road driving cycles.



(INEE, 2015)

**Energy efficiency ratio (EH/E22) in
actual new vehicles**



AcP

***Acompanhamento e Controle da
Produção***

PBEV – Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular



- ✓ Realizado anualmente
- ✓ Verificação de dados declarados
- ✓ Ensaios de 1 modelo por marca participante
- ✓ Levantamento dos parâmetros de calibração em pista (*Coast Down*)
- ✓ Emissões medidas em laboratório

PBEV – Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular

Etiqueta

| | | |
|--|---|---------------------------------|
| Energia (Combustível) | | 2013 Ano de aplicação |
| Categoria do veículo Marca Modelo Versão Motor Transmissão | Compacto (Nome/Logo) Samba Eco LXP ou nome XYZ Manual 5 Velocidades | |
| Menor consumo na categoria Maior consumo na categoria | | |
| Quilometragem por litro e CO₂ | Etanol | Gasolina |
| Cidade (km/l) | 9,6 | 13,4 |
| Estrada (km/l) | 11,3 | 16,5 |
| CO ₂ fóssil não renovável (g/km) | 0 | 131 |
| <p>Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, de acordo com o Regulamento de Avaliação da Conformidade para Veículos Leves de Passageiros e Comerciais Leves, com Motores do Ciclo Otto.</p> <p>ESTA ETIQUETA NÃO PODE SER REMOVIDA ANTES DA VENDA DO VEÍCULO</p> <p>conpet INMETRO</p> <p>IMPORTANTE: * Valores medidos em condições padrão de laboratório (NBR-7024) e ajustados para simular condições mais comuns de utilização. O consumo percebido pelo motorista poderá variar para mais ou para menos, dependendo das condições de uso. Para saber por que, consulte www.inmetro.gov.br e www.conpet.gov.br</p> <p>Instruções e recomendações de uso, leia o Manual do Proprietário</p> | | |

- ✓ **Identificação do Veículo**
- ✓ **Classificação na Categoria**
- ✓ **Valores de Autonomia Urbana e em Estrada (km/L)**
- ✓ **Gasolina / Etanol / Flex**
- ✓ **Valor das Emissões de CO₂ (Fóssil)**



PBEV – Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular

Tabelas

Ano: 2014
Categoria: Todas
Motor: Todas
Data: 24/03/2014
Hora Atualização: 22:18:26:44

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA
INMETRO
 INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA
 Procuradoria Geral do Consumidor - INPROCON
 Taboão da Serra - São Paulo - SP

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM VEICULAR

conpet
 Conselho Nacional de Defesa do Consumidor
 Ministério da Justiça

Classificação quanto à Emissão de Poluentes:
 Menor Emissão > 3 estrelas
 Melhor Emissão = 1 estrela
 Não Disponível: ND

Classificação quanto ao Consumo de Energia:
 Menor consumo energético
 Melhor consumo energético

Classificação quanto à Emissão de CO2:
 Menor Emissão > 3 estrelas
 Melhor Emissão = 1 estrela
 Não Disponível: ND

| Categoria | Motor ⁽¹⁾ | Modelo ⁽²⁾ | Marca | Versão | Transmissão Veicular ⁽³⁾ Manual (M) Automática (A) | Cil. Cilindros | Cilindros Disponíveis | Orientação ⁽⁴⁾ | Estatísticas em Parâmetros | | | | | | | Quilômetros por litro ⁽⁵⁾ | | | | | Classificação PBEV | | Selo CONPET de Eficiência Energética | | |
|------------------|----------------------|-----------------------|----------|-------------------|--|-------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------|--------|----------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|------|
| | | | | | | | | | Potência ⁽⁶⁾ | Ela (Potência Potável) ⁽⁷⁾ | | Etanol | Gasolina | Consumo Energético (MJ/Litro) | Consumo Energético Categoria | Consumo Energético Escala | Emissões de CO ₂ (g/km) | Emissões de CO ₂ (g/km) | Emissões de CO ₂ (g/km) | Emissões de CO ₂ (g/km) | Emissões de CO ₂ (g/km) | Emissões de CO ₂ (g/km) | | Emissões de CO ₂ (g/km) | |
| | | | | | | | | | | (kW) | (CV) | | | | | | | | | | | | | | (CV) |
| SEMI COMPACTO | 1800cc | 09 | 0.4-1.24 | 5.0 | M | 5 | 5 | 5 | 0,030 | 0,048 | 0,063 | 12,5 | 1 | 0,08 | 1 | 1 | 16,8 | 13,9 | 17,1 | 3 | 4 | - | - | - | - |
| SEMI COMPACTO | 1800cc | Forte | 0.2-1.08 | 5,0 170x | M | 5 | 5 | 5 | 0,030 | 0,048 | 0,063 | 12,5 | 1 | 0,08 | 1 | 1 | 16,8 | 13,9 | 17,1 | 3 | 4 | - | - | - | - |
| SEMI COMPACTO | 1800 | Novo 09a | 0.2-0.89 | Automática (2007) | M | 5 | 5 | 5 | 0,031 | 0,049 | 0,064 | 12,7 | 1 | 0,08 | 1 | 1 | 16,9 | 14,0 | 17,2 | 3 | 4 | - | - | - | - |
| SEMI COMPACTO | 1800 | Novo 09a | 0.2-0.89 | Ford Focus (2007) | M | 5 | 5 | 5 | 0,031 | 0,049 | 0,064 | 12,7 | 1 | 0,08 | 1 | 1 | 16,9 | 14,0 | 17,2 | 3 | 4 | - | - | - | - |
| SEMI COMPACTO | 1800 | Novo 09a | 0.2-0.89 | Ford Focus (2007) | M | 5 | 5 | 5 | 0,031 | 0,049 | 0,064 | 12,7 | 1 | 0,08 | 1 | 1 | 16,9 | 14,0 | 17,2 | 3 | 4 | - | - | - | - |
| SEMI COMPACTO | 1800 | Novo 09a | 0.2-0.89 | Ford Focus (2007) | M | 5 | 5 | 5 | 0,031 | 0,049 | 0,064 | 12,7 | 1 | 0,08 | 1 | 1 | 16,9 | 14,0 | 17,2 | 3 | 4 | - | - | - | - |
| SEMI COMPACTO | 1800 | Novo 09a | 0.2-0.89 | Ford Focus (2007) | M | 5 | 5 | 5 | 0,031 | 0,049 | 0,064 | 12,7 | 1 | 0,08 | 1 | 1 | 16,9 | 14,0 | 17,2 | 3 | 4 | - | - | - | - |
| SEMI COMPACTO | 1800 | Novo 09a | 0.2-0.89 | Ford Focus (2007) | M | 5 | 5 | 5 | 0,031 | 0,049 | 0,064 | 12,7 | 1 | 0,08 | 1 | 1 | 16,9 | 14,0 | 17,2 | 3 | 4 | - | - | - | - |
| SEMI COMPACTO | 1800 | Novo 09a | 0.2-0.89 | Ford Focus (2007) | M | 5 | 5 | 5 | 0,031 | 0,049 | 0,064 | 12,7 | 1 | 0,08 | 1 | 1 | 16,9 | 14,0 | 17,2 | 3 | 4 | - | - | - | - |

Página: 1 / 26

- ✓ Identificação do Veículo
- ✓ Valores de Autonomia Urbana e em Estrada (km/L) - Gasolina e Etanol
- ✓ Emissões de CO₂ (Fóssil)
- ✓ Emissões de Poluentes (HC, CO, NOx)
- ✓ Classificações na Categoria e Geral
- ✓ Classificação em Emissões
- ✓ Selo CONPET

http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/veiculos_leves_2014.pdf



PBEV – Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular

Sistema de Consulta - CONPET

Consulte o modelo de equipa... x CONPET- PBE Veicular x +

pbeveicular.petrobras.com.br/TabelaConsumo.aspx

Acesso à Informação **IASIL**

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM

Programa Brasileiro de Etiquetagem

anp IBRAMA M M A INMETRO conpet PETROBRAS

Consulta de Veículos Leves

Escolha suas opções e clique em consultar

Ano: 2014 **36 Marcas**
599 Modelos/Versões
Atualizado em: 03/12/2014

Categoria: Todas

Marca: Todas
AUDI
BENTLEY
CHANGAN
CHERY

Modelo: Todos
207 HB
207 Passion
208
3008

Motor: Todos

Exibir somente modelos com Selo Conpet de Eficiência Energética

Consultar Limpar

Critérios de Classificação:

Classificação quanto ao consumo energético

| | Relativa à Categoria | Absoluta Geral |
|----------------------------|----------------------|----------------|
| Menor consumo energético ▶ | A | A |
| | B | B |
| | C | C |
| | D | D |
| Maior consumo energético ▶ | E | E |

Selo CONPET

Aplicativo Etiquetagem Veicular para Celular - Gratuito

Guia do PBE Veicular

Preços dos Combustíveis

Tabelas de Consumo / Eficiência Energética

Consulta de Aquecedores de Água a Gás

Conheça a etiqueta

Dicas de Economia

Níveis de Emissão dos veículos

Consulta de Fornos e Fornos a Gás

<http://pbeveicular.petrobras.com.br/TabelaConsumo.aspx>

Actual parity values

The Labeling Program data can be used to estimate actual fuel price parity for each vehicle.

Consumption and required values of price parity for vehicles listed in PBEV (examples)

| Manufacturer and model (2014) | Using HE (km/l) | | Using E22 (km/l) | | Prices parity | |
|--|------------------------|-------------|-------------------------|-------------|----------------------|-------------|
| | city | road | city | road | city | road |
| Toyota, Corolla 1.8 - 16V XLI manual | 7.0 | 9.6 | 10.2 | 13.5 | 0.69 | 0.71 |
| VW, Gol 1.0 8V City 2 Door | 7.7 | 9.6 | 11.6 | 13.9 | 0.66 | 0.69 |
| Fiat, Palio 1.0 8V Fire 2 Door | 8.8 | 10.3 | 12.3 | 15.0 | 0.72 | 0.69 |
| Renault, Clio 1.0 16V Authentique 3 Door | 9.5 | 10.7 | 14.3 | 15.8 | 0.66 | 0.68 |

(INMETRO, 2015)

Prospects for vehicle efficiency in Brazil

In 2012, the Brazilian Government launched the Incentive Program for Innovation and Densification of the Automotive Productive Chain, the Inovar-Auto program, allowing discounts of 30% on taxes for automakers committed to increase the efficiency of light vehicles manufactured in Brazil until 2018.

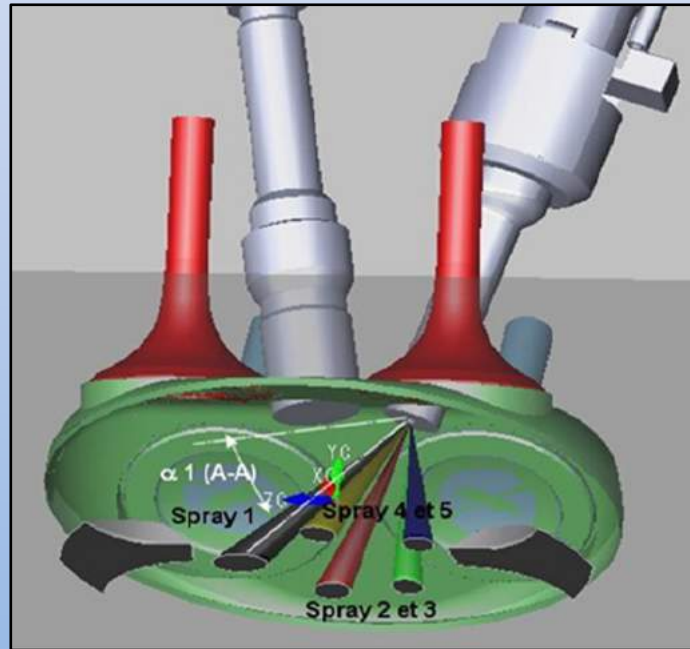
Efficiency targets set in Inovar-Auto program

| Fuel | Targets of vehicular consumption | | | |
|-------------|---|-----------|-----------------|-----------|
| | km/liter | | MJ/liter | |
| | from | to | from | to |
| Gasoline | 14.00 | 17.3 | 2.071 | 1.679 |
| Ethanol | 9.71 | 12.0 | 2.069 | 1.679 |

Prospects for vehicle efficiency in Brazil

Considering the differential advantages of ethanol (high octane number, high latent heat of the fuel vaporization , etc.), improvements can be introduced to allow higher performance of FFV's when using ethanol, compared with blended gasoline.

Direct injection and turbocharging have been evaluated, presenting relevant overall performance gains (up to 30%).



Engine fitted with a two stage turbo and spray study of direct injection of ethanol in combustion chamber (Baeta et al, 2015)

Final remarks

All parity values have been usually evaluated for E22, the reference blend in the legislation. However, today the Brazilian gasoline is blended with 27% ethanol (E27), imposing to adjust proportionally the parity values.

It is important:

- 1. Deconstruct of the paradigm 70%***
- 2. Reinforce the Brazilian Vehicle Labeling Program and diffuse its numbers***
- 3. Adjust the INOVAR-AUTO, proposing higher efficiency targets for ethanol, aiming at a price parity of 75%***
- 4. Foster R&D for automotive use of hydrous ethanol***

Thanks for your attention.

Acknowledgement



The authors are grateful to São Paulo Research Foundation (FAPESP) for supporting this work.