

# **Opções tecnológicas para o uso do etanol: emissões reguladas, GHG e eficiência veicular**

---

## **Segundo Seminário Internacional sobre o Uso Eficiente do Etanol**

**Prof. Dr. Waldyr L. R. Gallo**

Departamento de Energia – FEM – UNICAMP

Rio de Janeiro, 18 de setembro de 2015

# Sumário

---

- 1. Biocombustíveis no setor de transportes**
- 2. Emissões poluentes reguladas**
- 3. Eficiência veicular**
- 4. Redução de emissões de CO<sub>2</sub>**
- 5. Diferentes opções para diferentes objetivos**
- 6. Considerações finais**

# 1. Biocombustíveis no setor de transportes

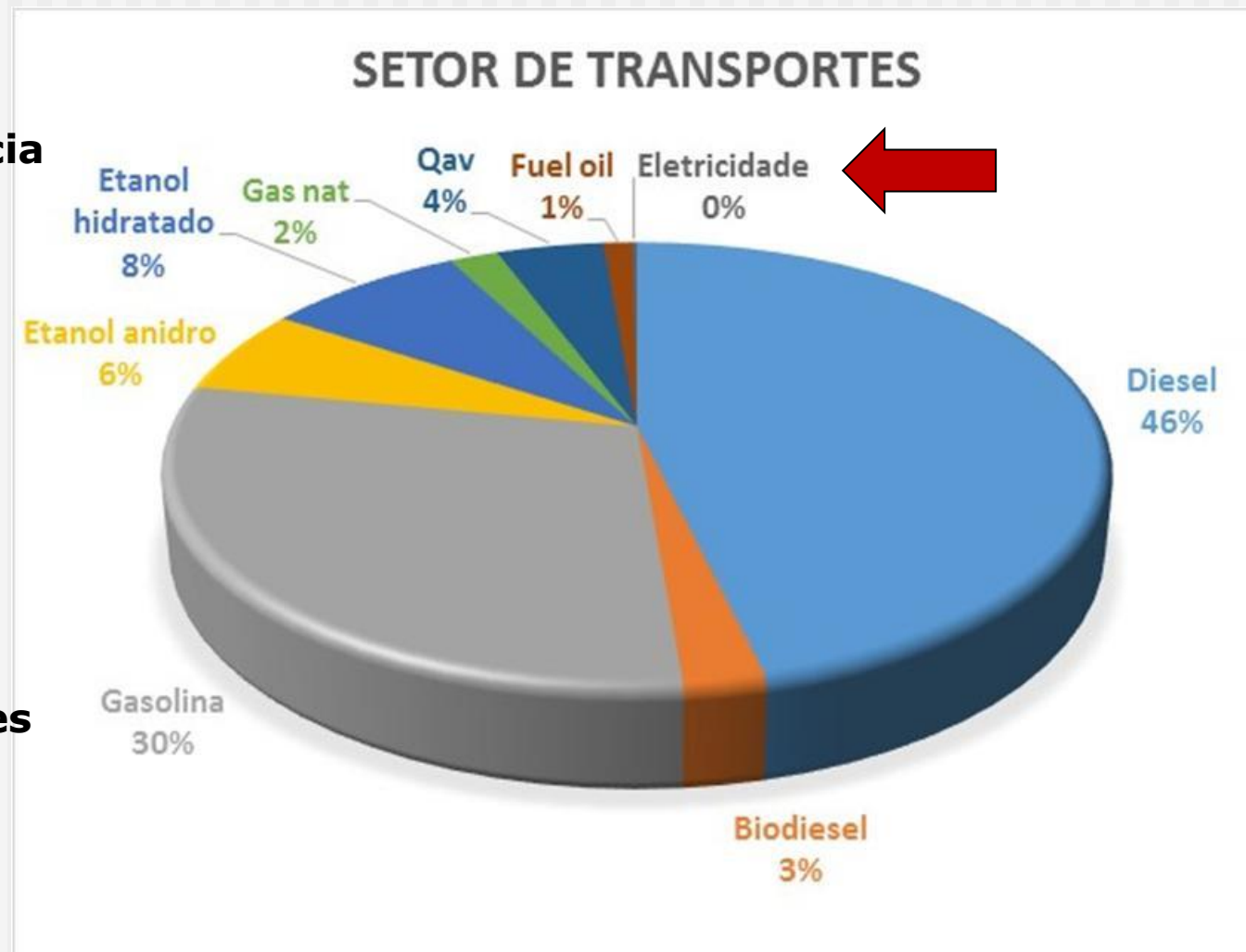
**Alta dependência de derivados de petróleo**

**Porém:  
Etanol  
+  
Biodiesel**

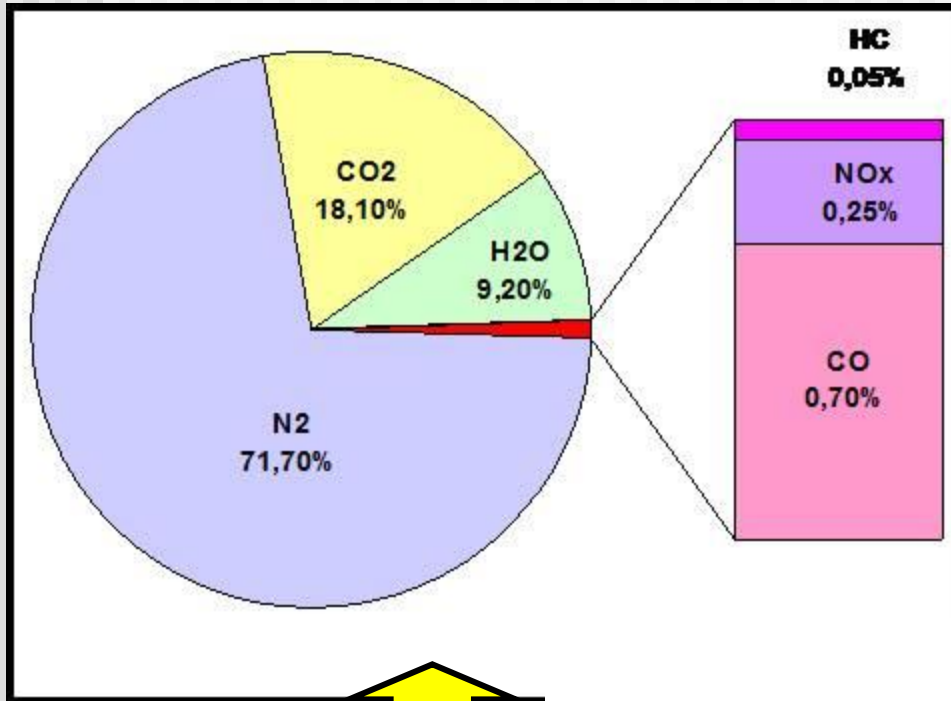
**17%**

**Muito além  
De outros países**

**Fonte:  
BEN 2014 - EPE**



## 2. Emissões poluentes reguladas



- Monóxido de carbono (CO)
- Hidrocarbonetos não queimados (HC)
- Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>)
- Aldeídos (CHO)
- Emissões evaporativas (EVAP)
- Material particulado (MP)

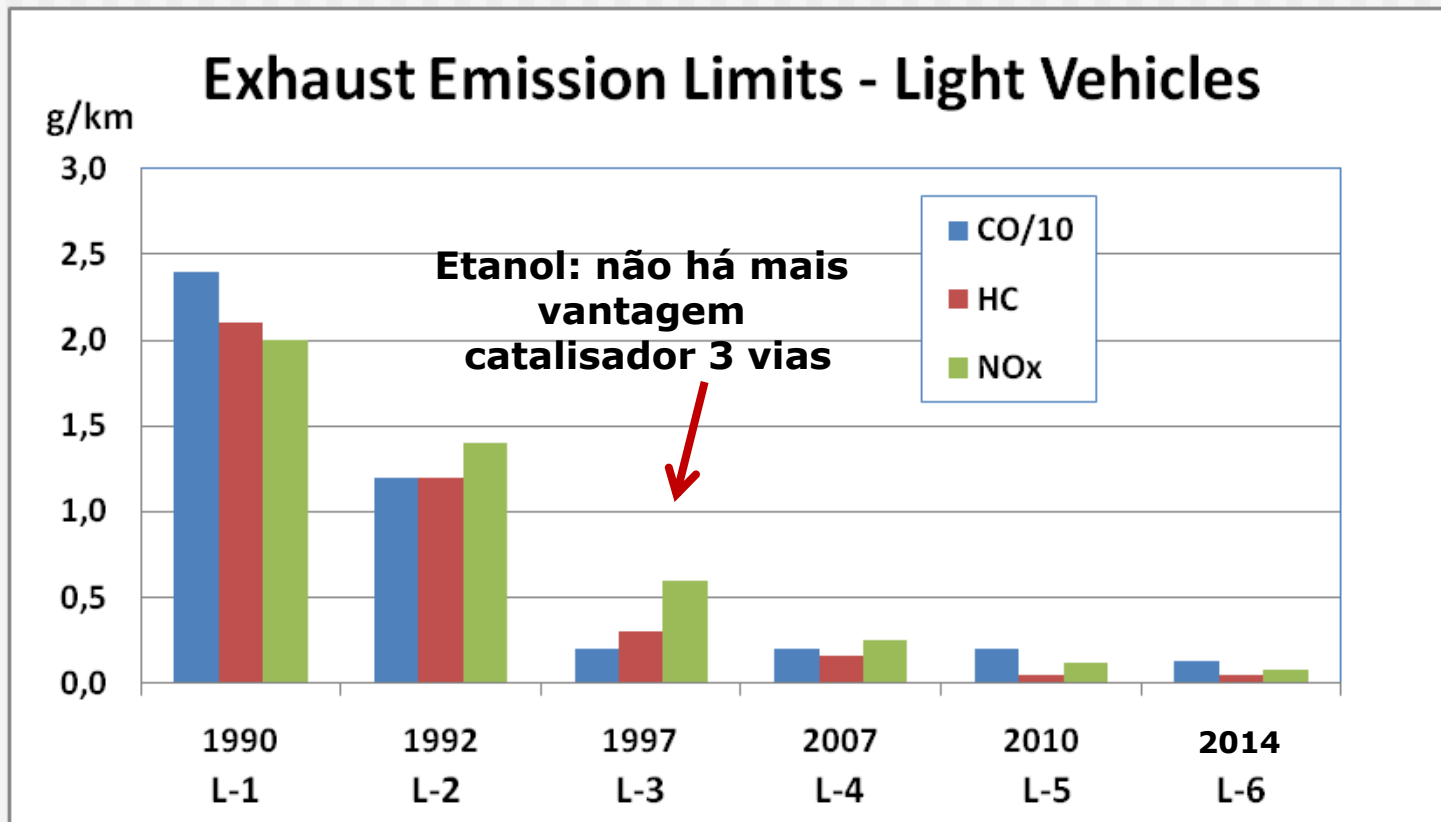
**Vehicle exhaust**



## 2. Emissões poluentes reguladas

**Evolução das emissões reguladas no Brasil  
PROCONVE – Veículos leves**

**Limites de emissões independem do combustível**



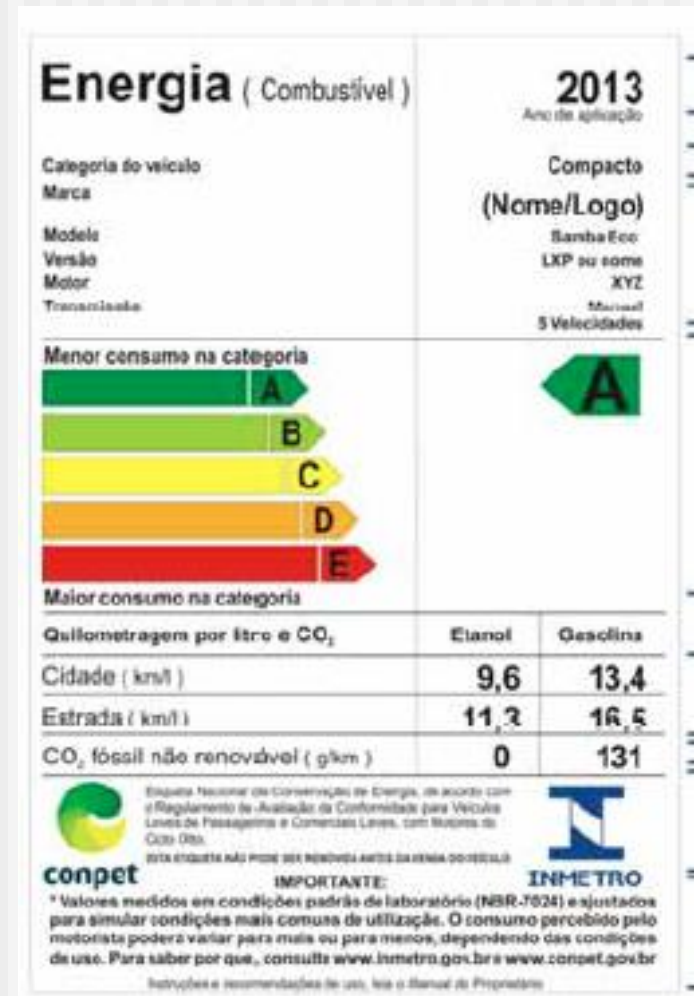
### 3. Eficiência veicular

Brasil tem um Programa de Eficiência Veicular dedicado a veículos leves (PBEV)

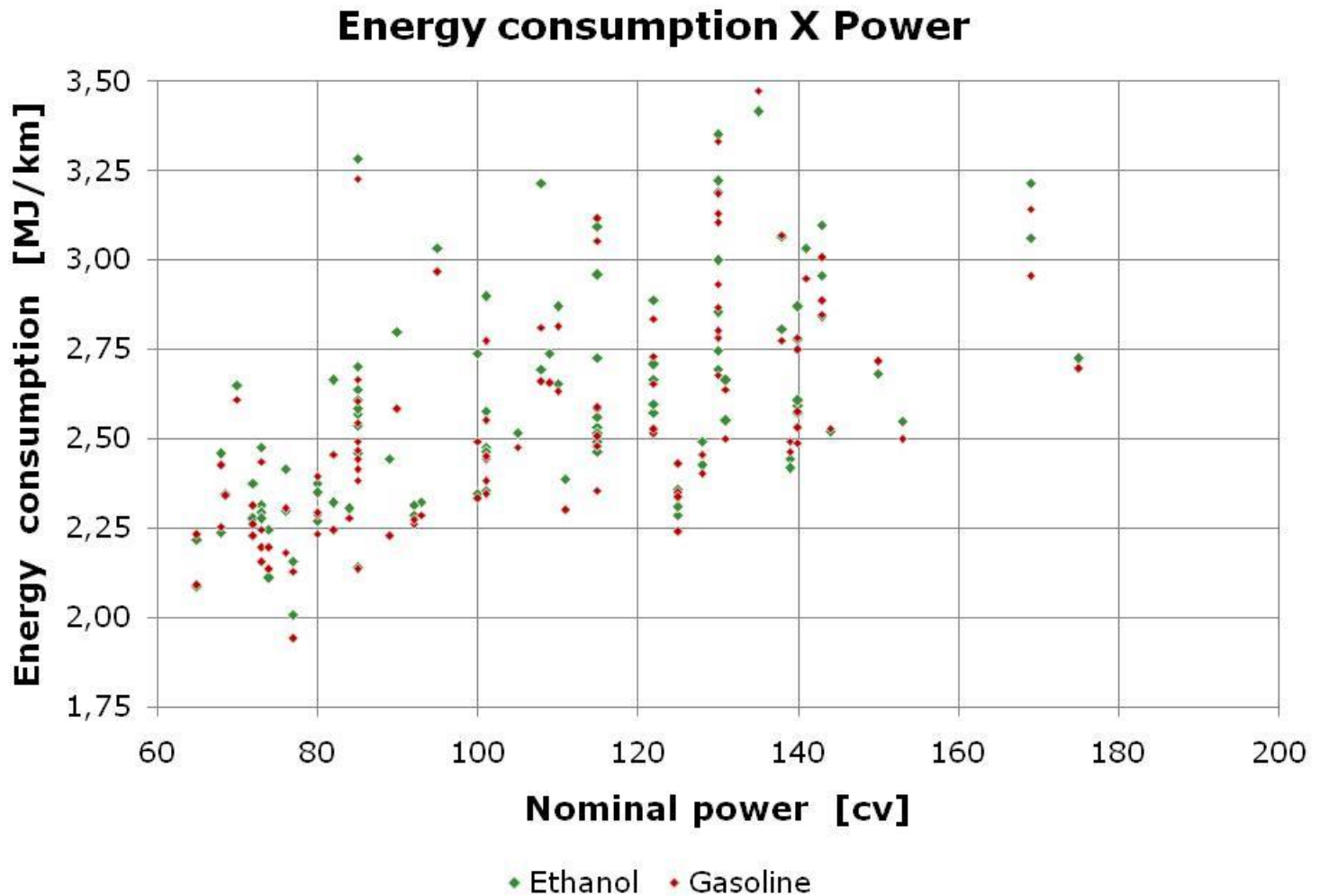
A etiquetagem emprega como parâmetro o uso de energia (MJ/km) em um ensaio padrão.

Cada veículo é comparado com os demais de sua categoria: sub-compacto, compacto, médio, etc.

O Programa InovarAuto (2012) aumentou o interesse pelo PBEV, ao proporcionar possibilidade de redução e impostos associada ao aumento da eficiência veicular até 2017.



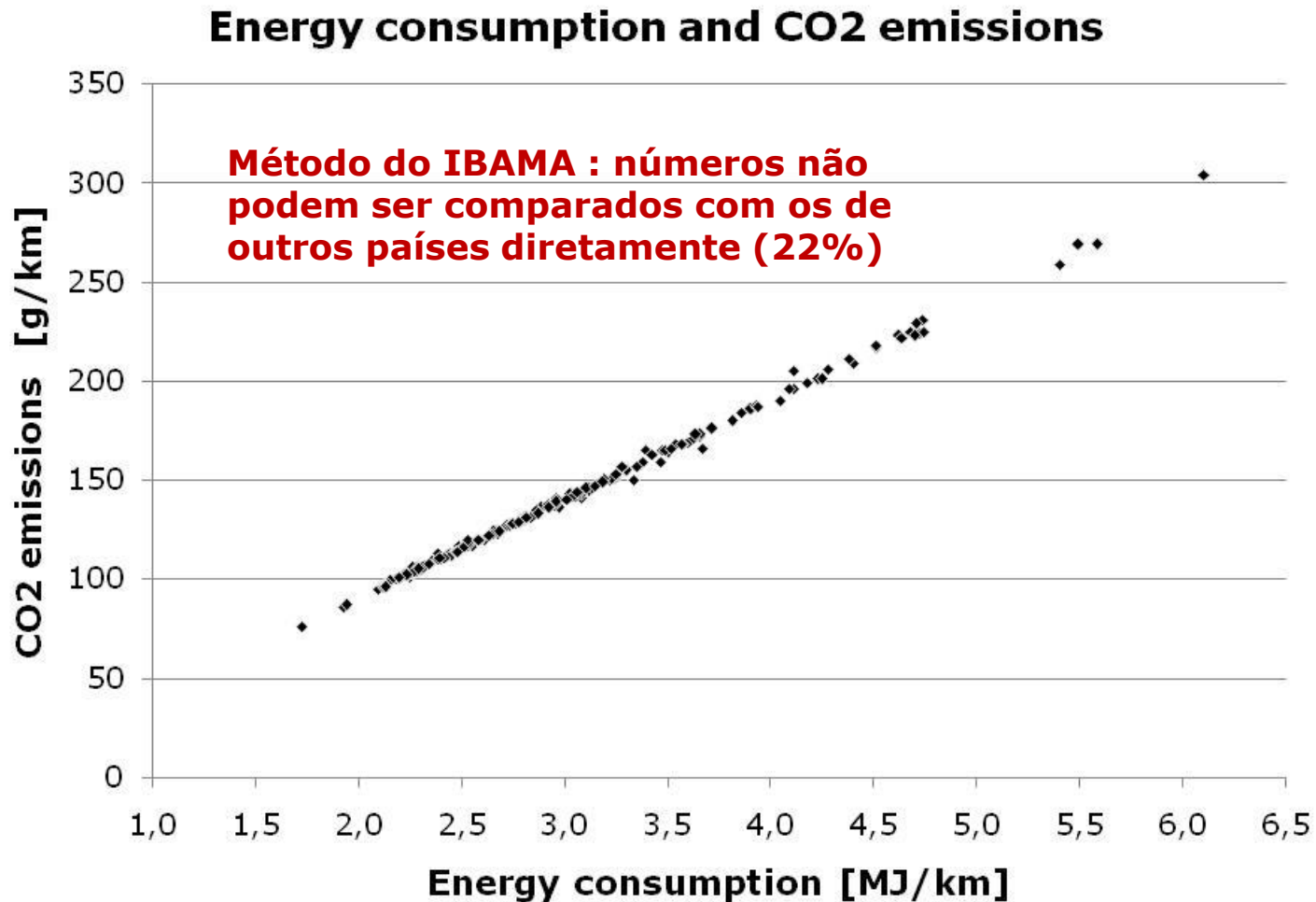
### 3. Eficiência veicular



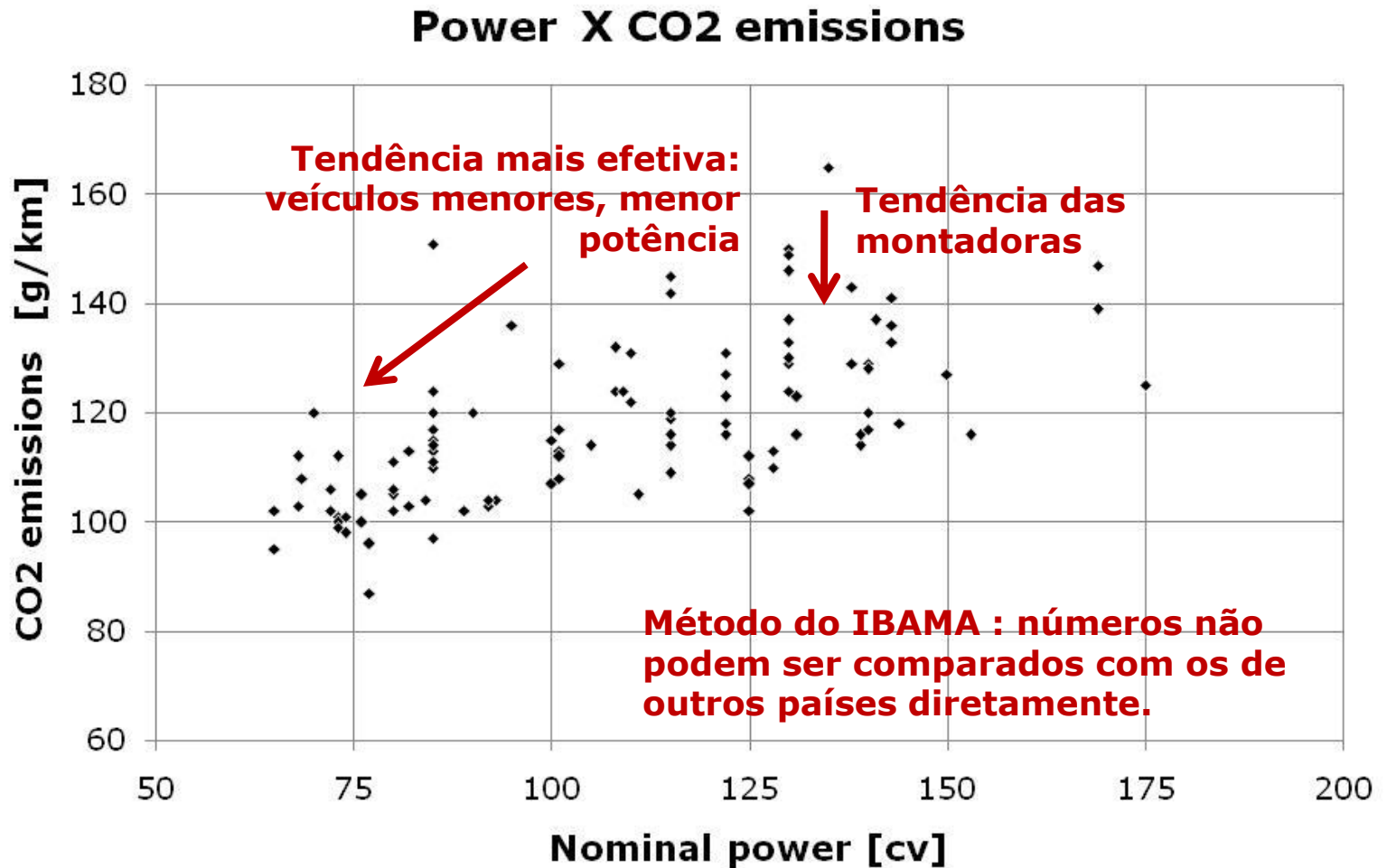




## 4. Redução de emissões de CO2



## 4. Redução de emissões de CO2



## 5. Tecnologías para objetivos diferentes



## 5. Tecnologias para objetivos diferentes

*Eficiência*

**Motores Flex-fuel não exploram as vantagens do etanol em sua totalidade:**

- **Flex: solução de compromisso → flexibilidade X otimização**
- **Motores a etanol podem operar com CR maior**
- **Etanol tem maior velocidade de queima**
- **Etanol tem maior calor latente de vaporização**
- **Teor de água no etanol hidratado pode ter efeito de resfriamento no motor, aumentando a resistência à detonação**
- **Tecnologias modernas podem ser incorporadas ao motor a etanol, aumentando sua eficiência**
- **Todavia, desde o lançamento dos motores flex, as montadoras pararam os desenvolvimentos em motores dedicados a etanol.**

## 5. Tecnologias para objetivos diferentes

**Eficiência**

**Novas tecnologias ainda não completamente testadas para motores dedicados a etanol:**

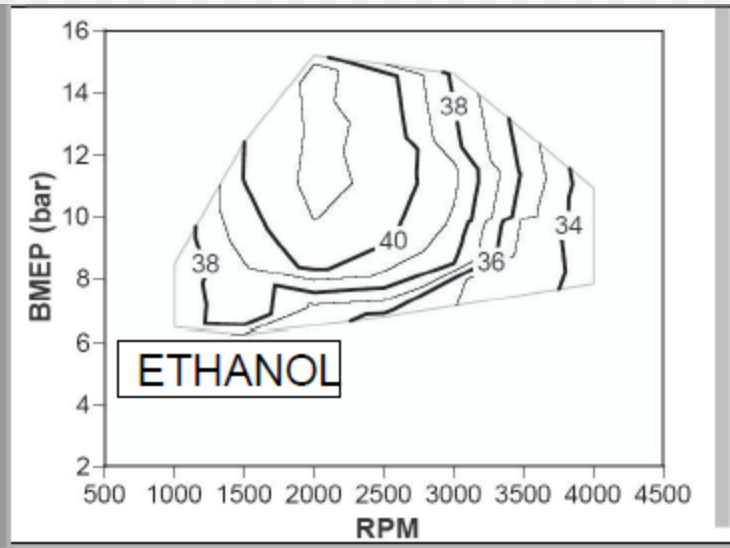
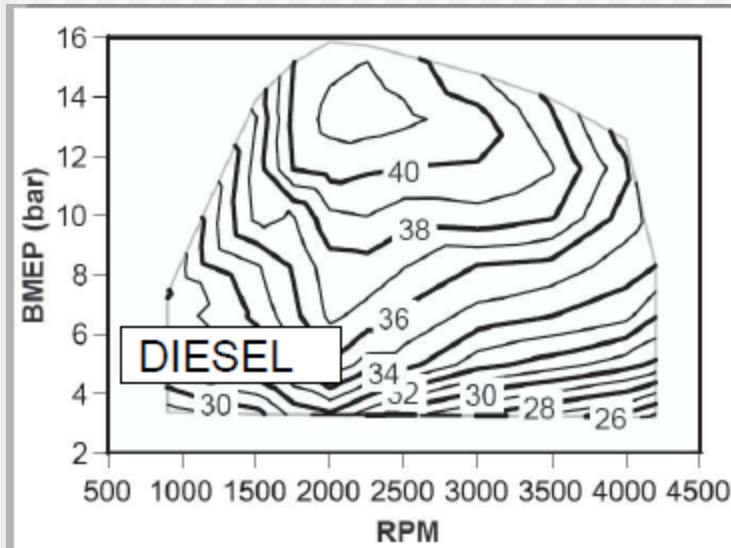
- **Injeção direta → vaporização da água contida no etanol hidratado pode reduzir tendência à detonação.**
- **Injeção direta tardia pode permitir operação com carga estratificada, com aumento de eficiência**
- **Turboalimentação com EGR resfriado pode levar a valores elevados de bmep – alta performance em motores de baixa cilindrada**
- **Controle de carga com uso de comando de válvulas variável pode aumentar a eficiência em cargas parciais**
- **Uso massivo de sensores e eletrônica para obter melhor controle**

**Projeto: FAPESP/PSA (UNICAMP / USP / ITA / IMT)**

## 5. Tecnologias para objetivos diferentes

Eficiência

Exemplos de resultados obtidos com etanol anidro. Etanol hidratado pode ter resultados ainda melhores.



1.9l, 4 CYLINDERS, 19.5:1 COMPRESSION RATIO, HIGH-SWIRL

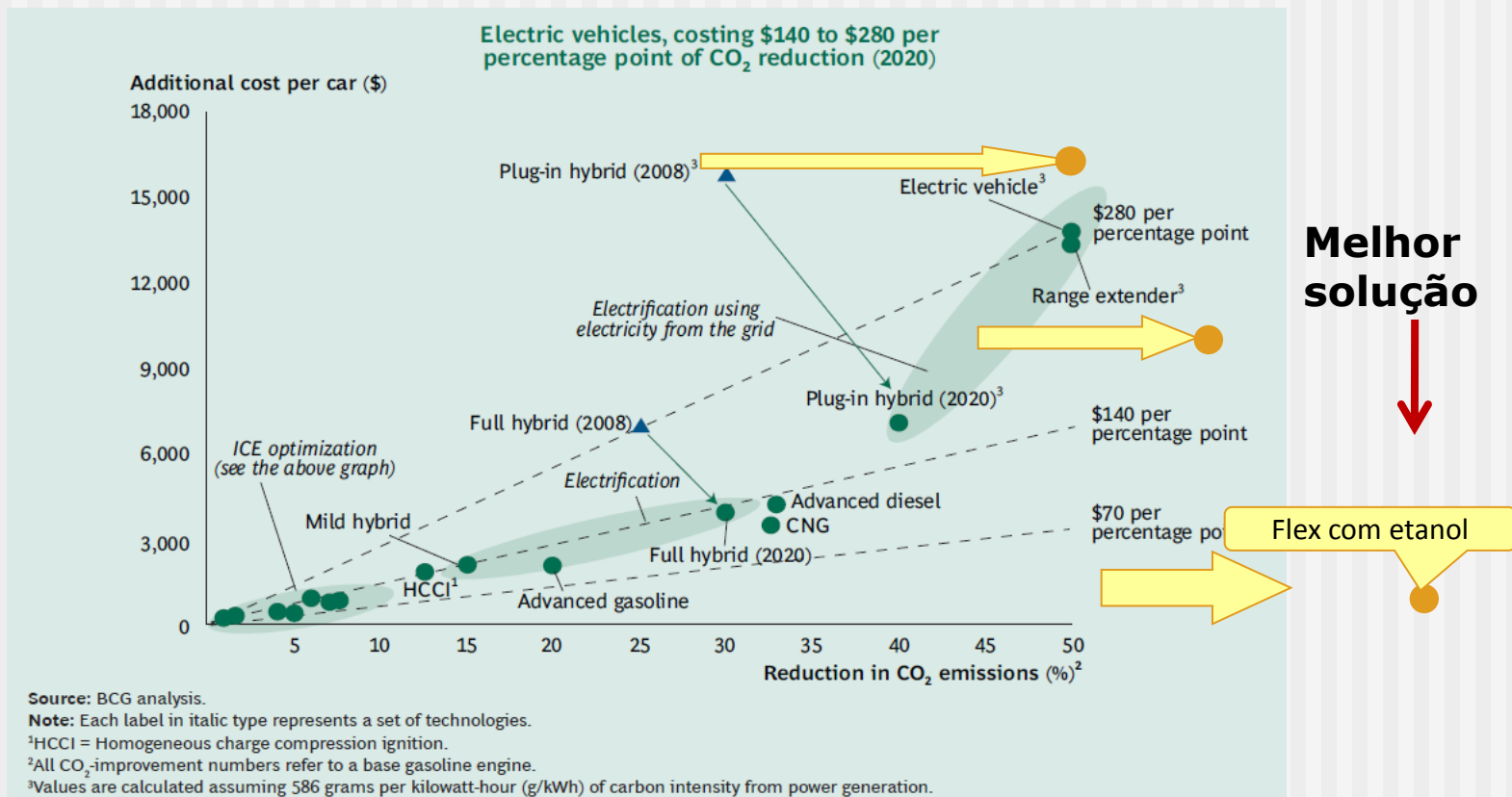
SAE 2002-01-2743



# 5. Tecnologias para objetivos diferentes

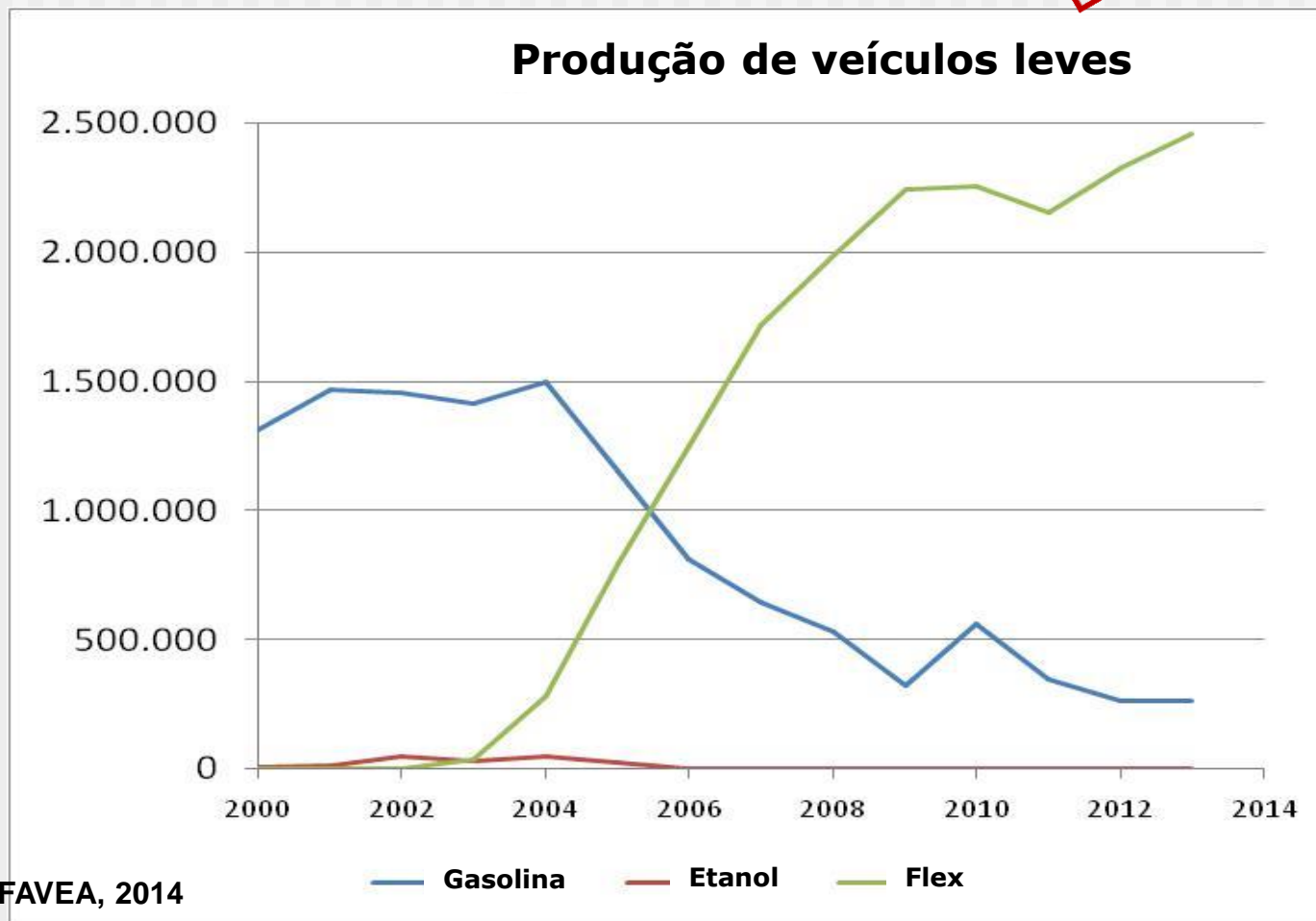
Emissões de CO<sub>2</sub>

O custo para reduzir o CO<sub>2</sub> → o papel dos biocombustíveis  
Se a questão é o CO<sub>2</sub> → veículos a etanol (de cana de açúcar) são o melhor caminho...



## 5. Tecnologias para objetivos diferentes

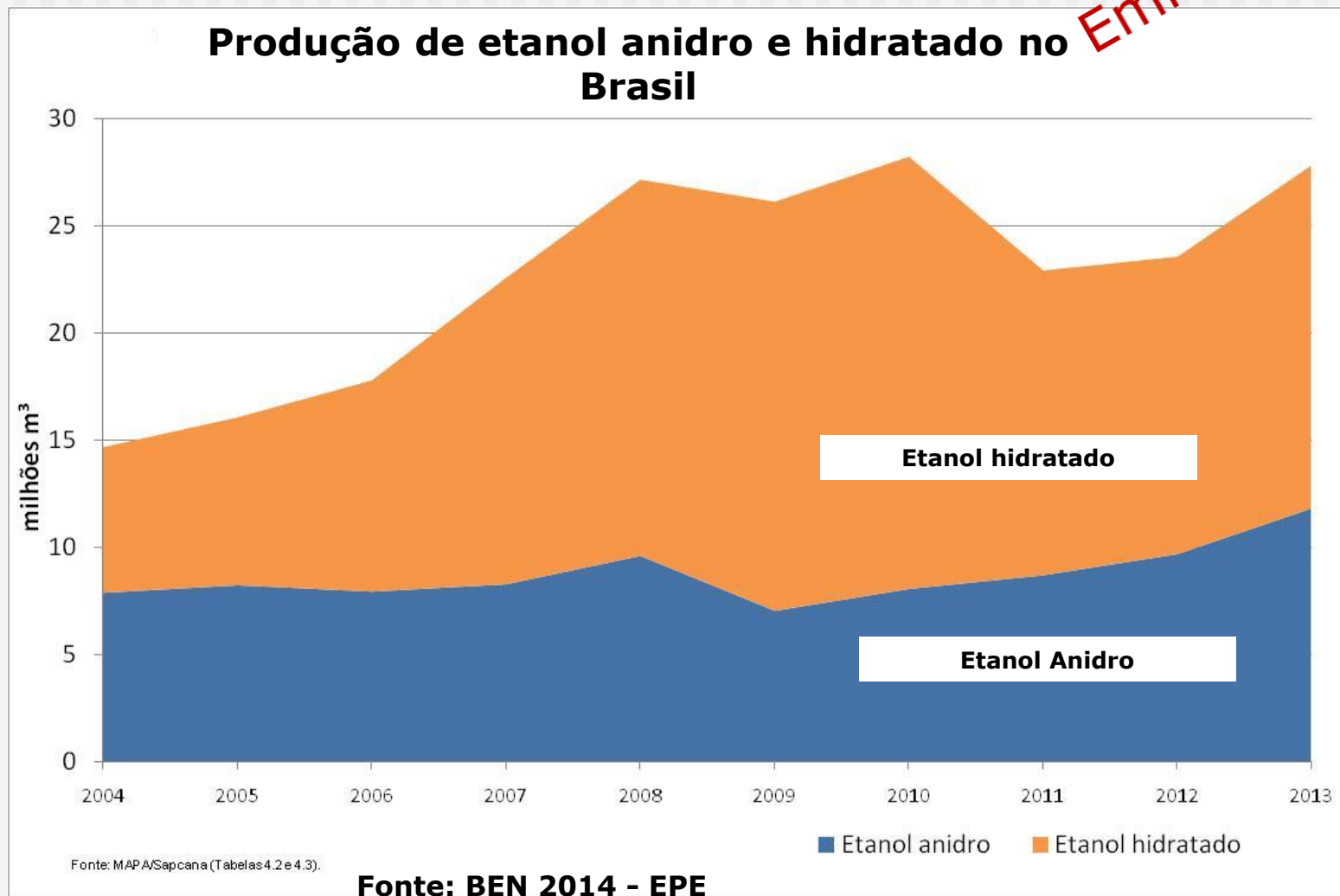
Emissões de CO<sub>2</sub>





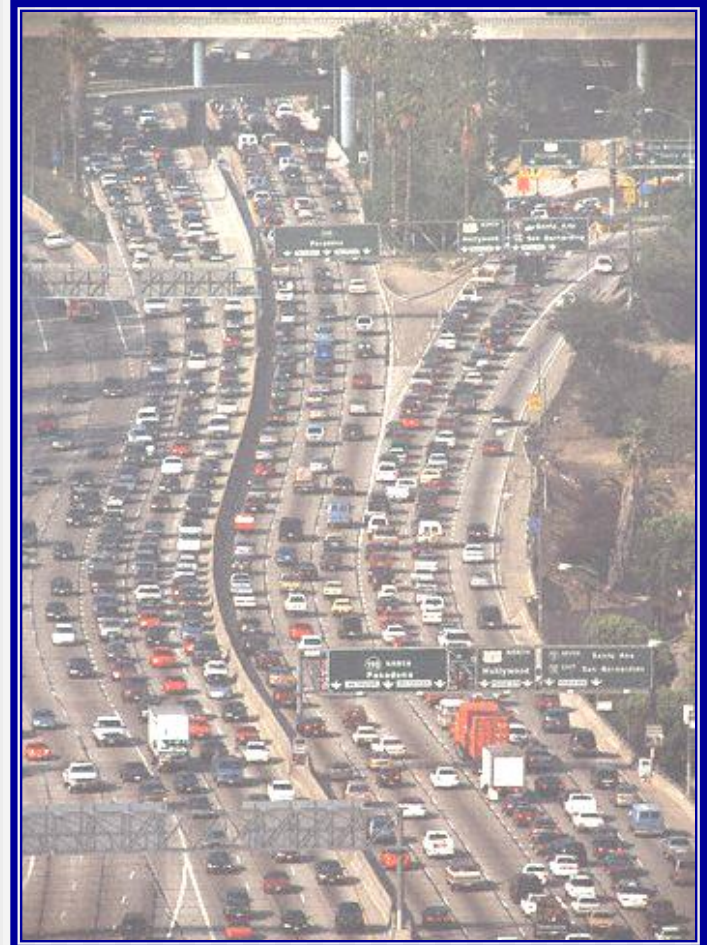
## 5. Tecnologias para objetivos diferentes

Emissões de CO<sub>2</sub>



## 5. Tecnologias para objetivos diferentes

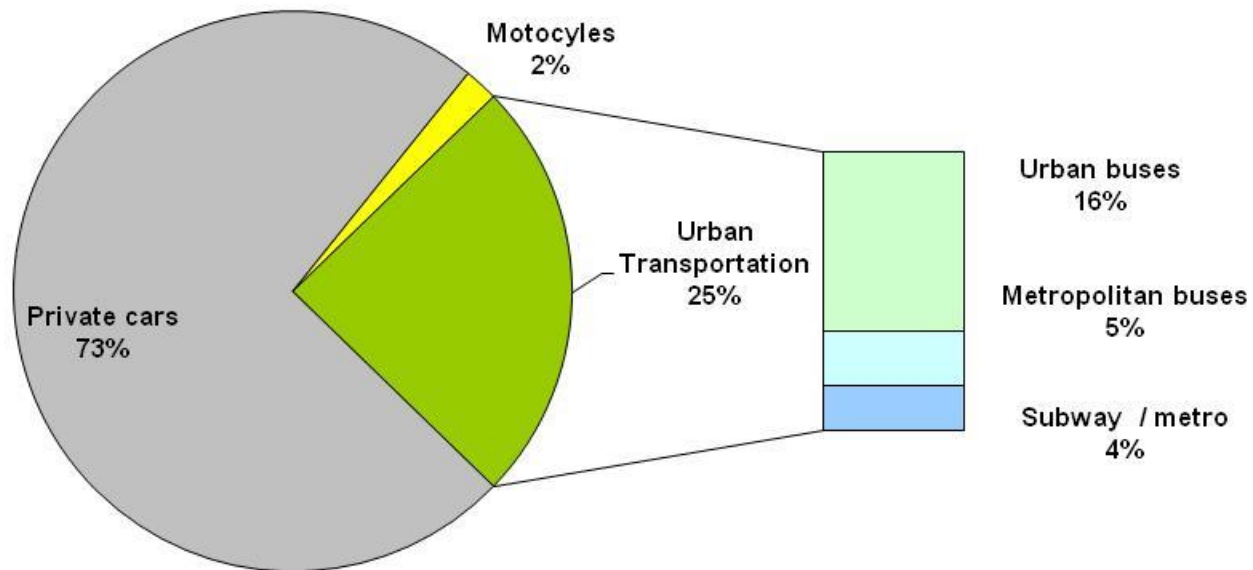
Mobilidade



## 5. Tecnologias para objetivos diferentes

Mobilidade

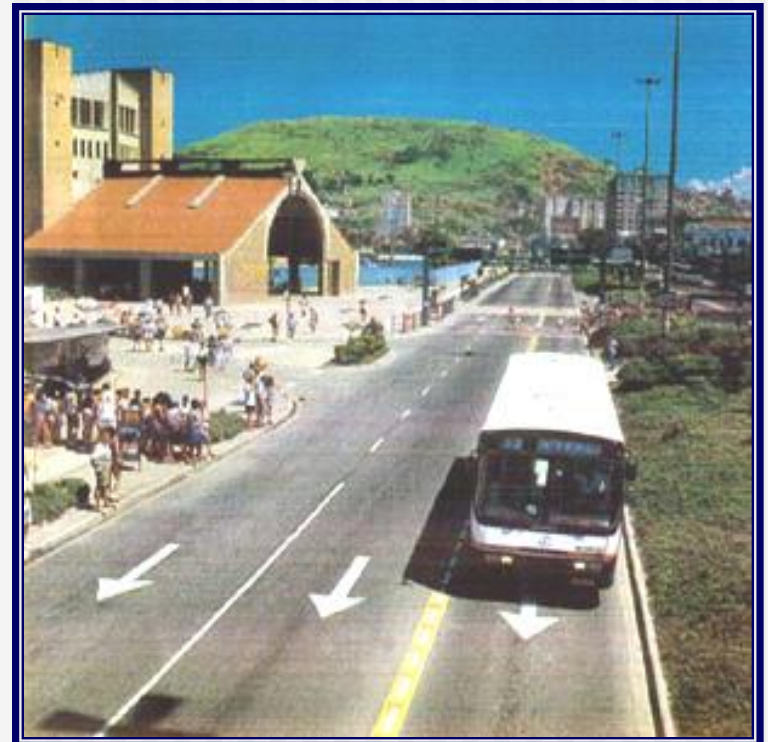
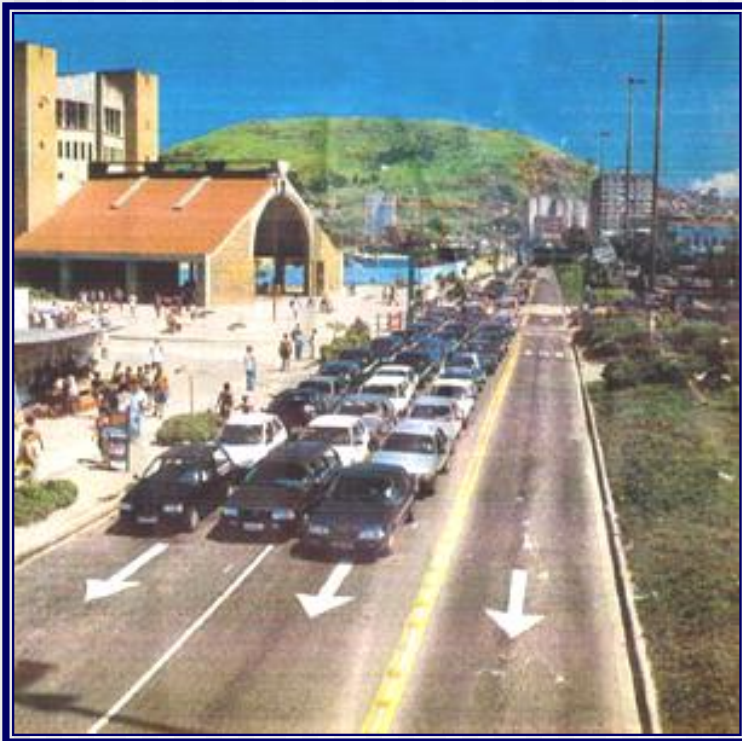
Transporte de pessoas nas cidades usa 10,7 milhões tep  
Automóveis privados são responsáveis por 73% desse  
consumo energético



## 5. Tecnologias para objetivos diferentes

Mobilidade

Mover em direção ao transporte público – de preferência, elétrico



## 6. Observações finais

---

Diferentes objetivos → diferentes rotas tecnológicas

Poluentes locais → veículos elétricos (híbridos)

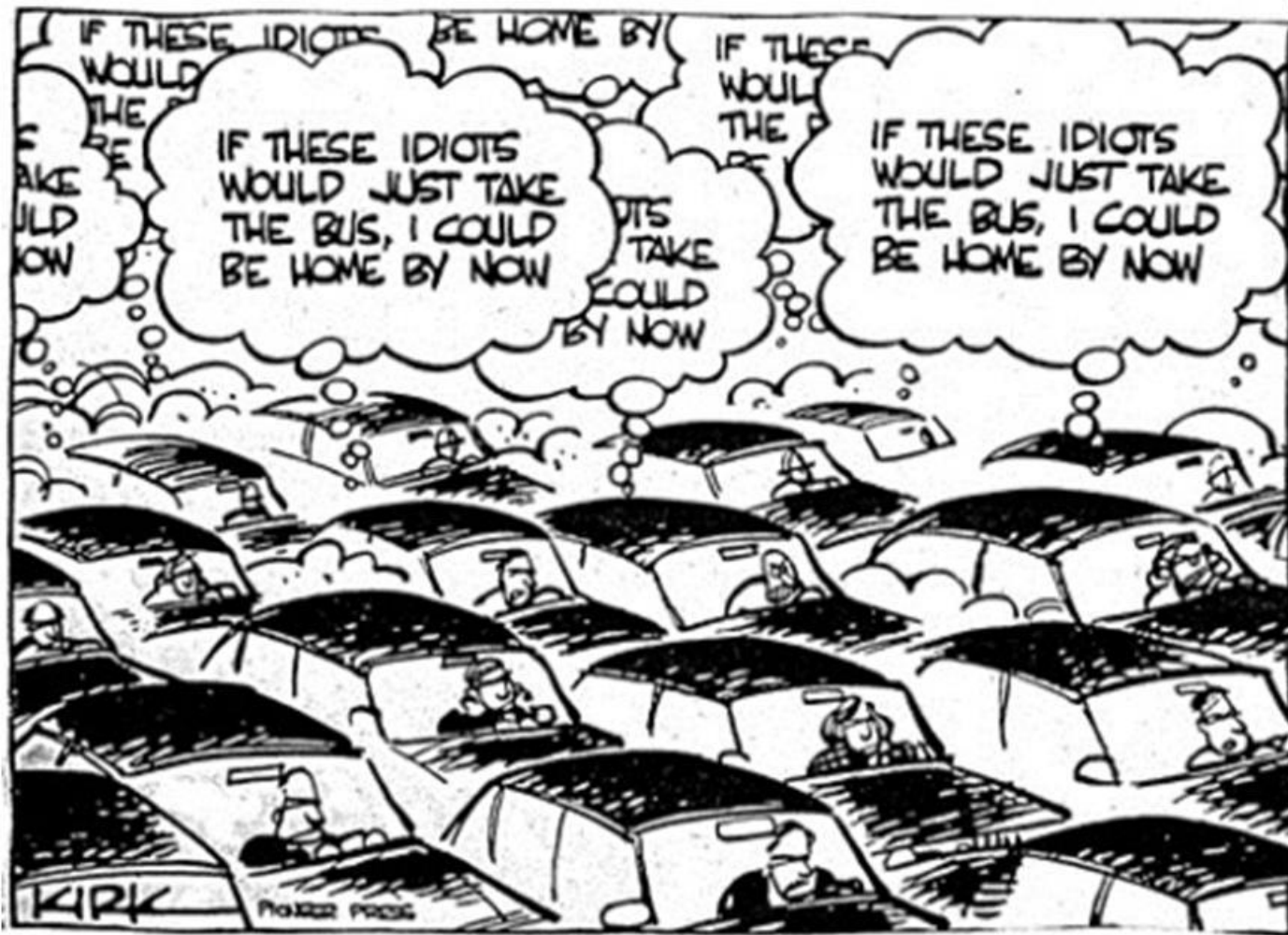
Eficiência → Motores a etanol otimizados

CO2 → motores flex-fuel **operando com etanol** é OK

Mobilidade → mudanças de paradigma:

- Do transporte individual para público (elétrico)
- Do conceito de propriedade para o conceito de serviço de mobilidade

## 6. Observações finais



---

# Contatos:

**Prof. Dr. Waldyr Luiz Ribeiro Gallo**  
**Dep. de Energia – FEM – UNICAMP**

**[wgallo@anp.gov.br](mailto:wgallo@anp.gov.br)**

**Telefone: (19) 3521.3267**