



9o. Salão Latino-Americano de Veículos Elétricos, Componentes e Novas Tecnologias

---



# Motores de combustão interna para os veículos elétricos híbridos

Waldyr Luiz Ribeiro Gallo  
DE – FEM - UNICAMP

São Paulo, 12 de setembro de 2013

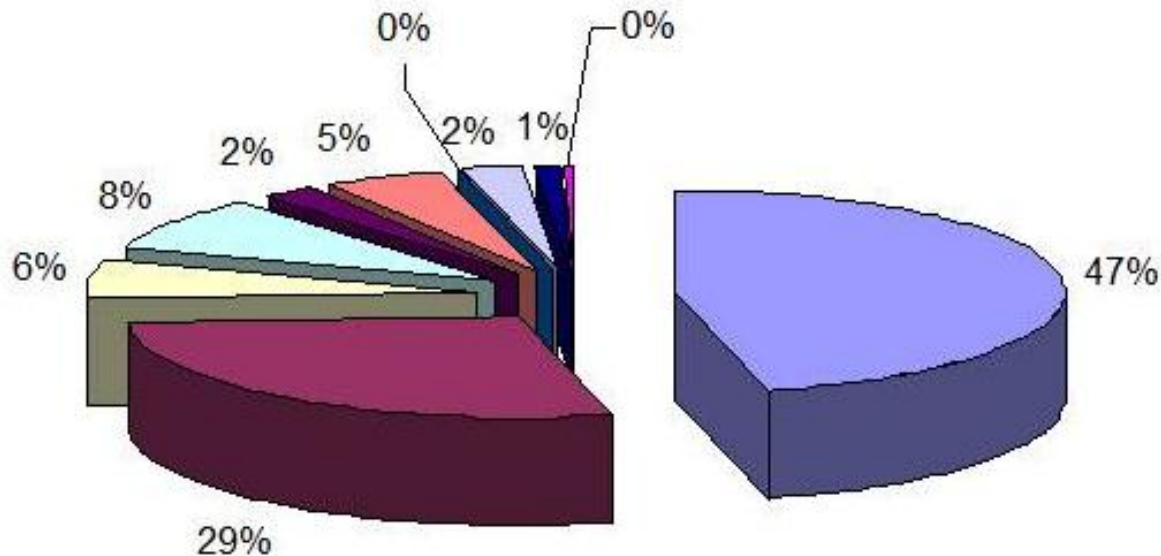












## **Sumário**

- 1. Por que não veículos elétricos?**
- 2. O papel do veículos híbridos (VEH)**
- 3. Opções tecnológicas para VEH**
- 4. Eficiência, ou redução de poluentes ou de CO<sub>2</sub>?**
- 5. Comentários finais**

# 1. Por que não veículos elétricos?

Energia no setor de transportes



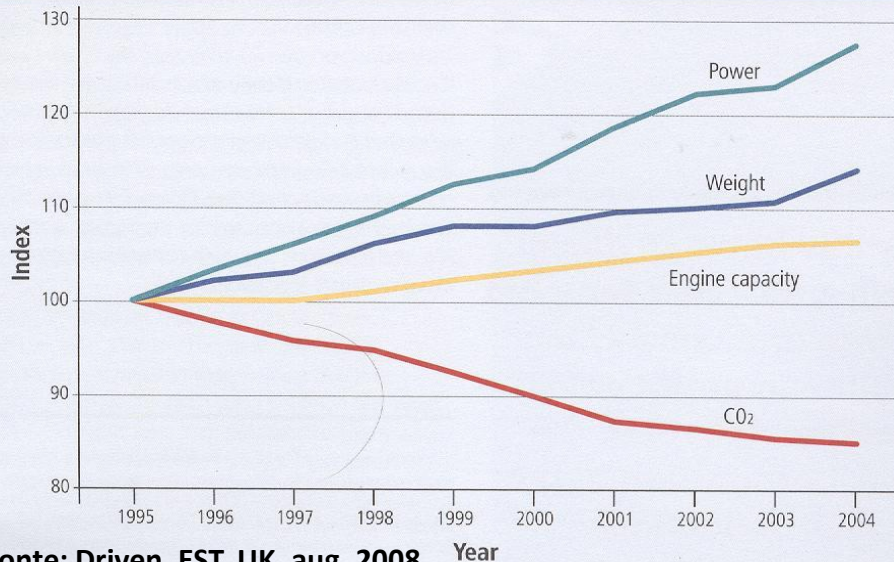
 Diesel	 Gasolina	 Etanol anidro	 Etanol hidratado
 Biodiesel	 Qav	 Gav	 Gás natural
 Óleo comb.	 Eletricidade		

# 1. Por que não veículos elétricos?

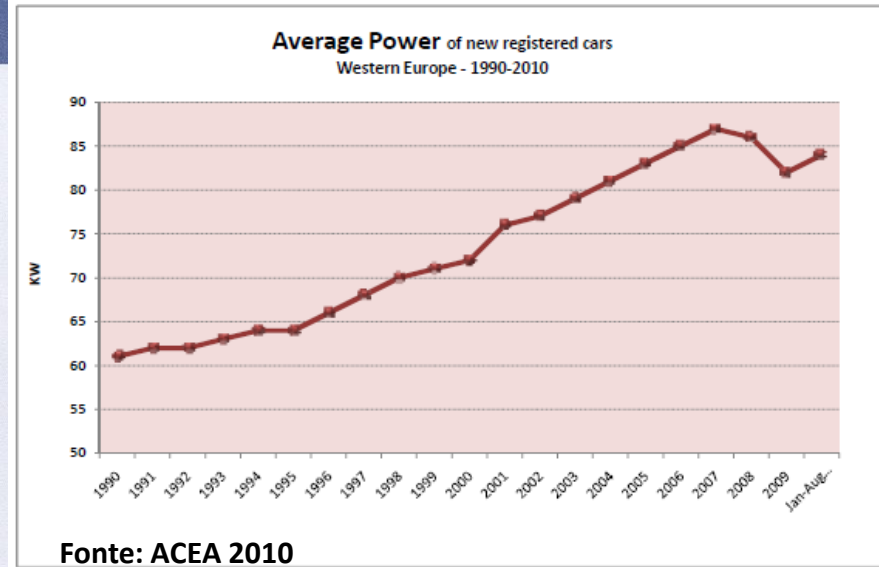
A evolução dos veículos novos com motores de combustão interna caminha em direção oposta a menores emissões de CO<sub>2</sub>: potência, peso, cilindrada.

De onde vem a redução de CO<sub>2</sub>?

Figure 4.1: Changes in average vehicle CO<sub>2</sub> emissions, power, engine capacity and weight (1995-2004, indexed to 100 in 1995)<sup>11</sup>



Fonte: Driven, EST, UK, aug. 2008



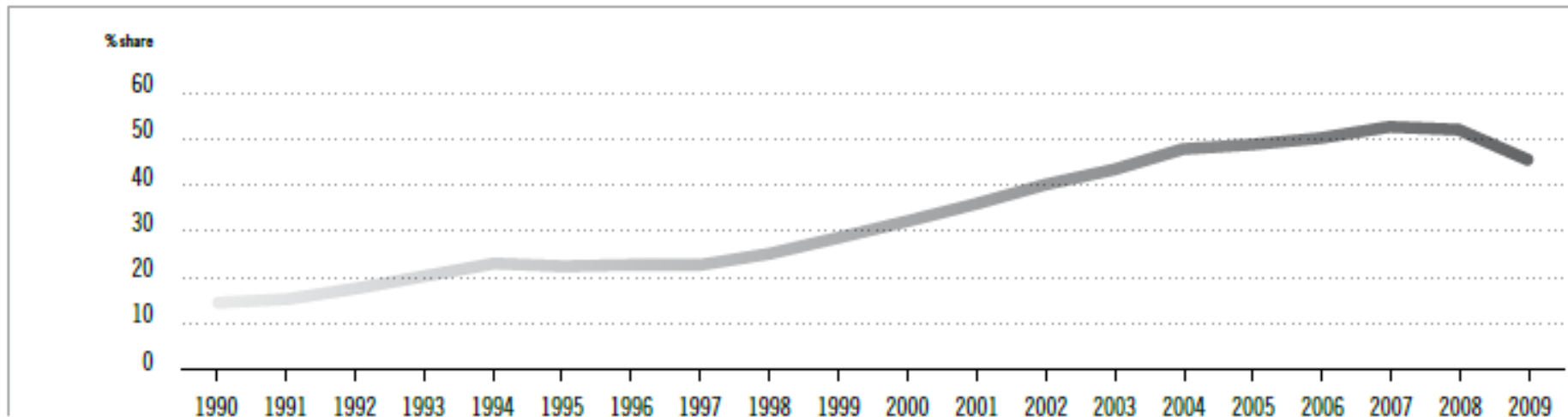
Fonte: ACEA 2010

# 1. Por que não veículos elétricos?

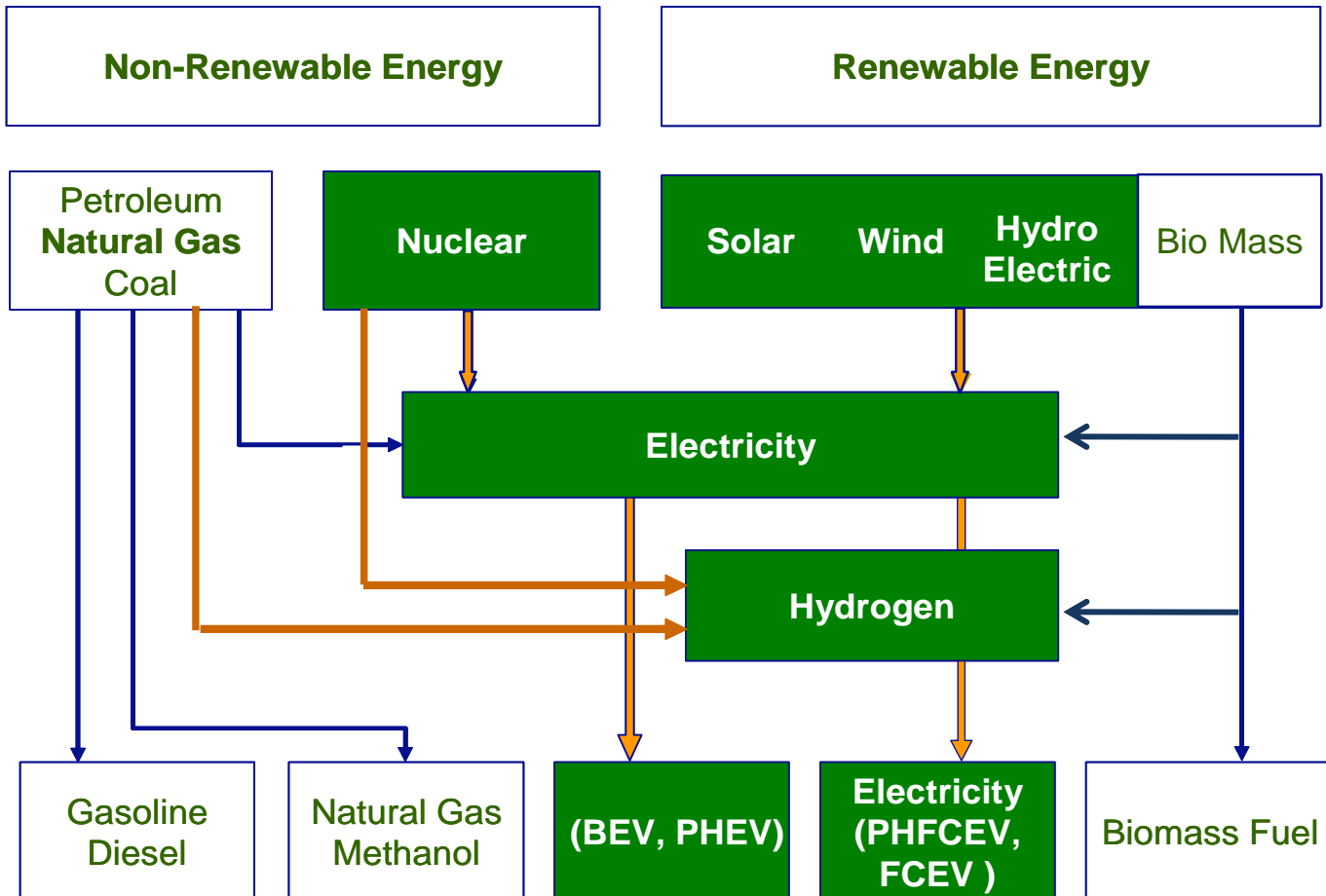
De onde vem a redução de CO<sub>2</sub>?

Aumento da participação de motores diesel para veículos leves → aumento de eficiência determinando redução de CO<sub>2</sub>

Diesel Penetration in the EU15+EFTA (% of new cars registered) | 1990-2009

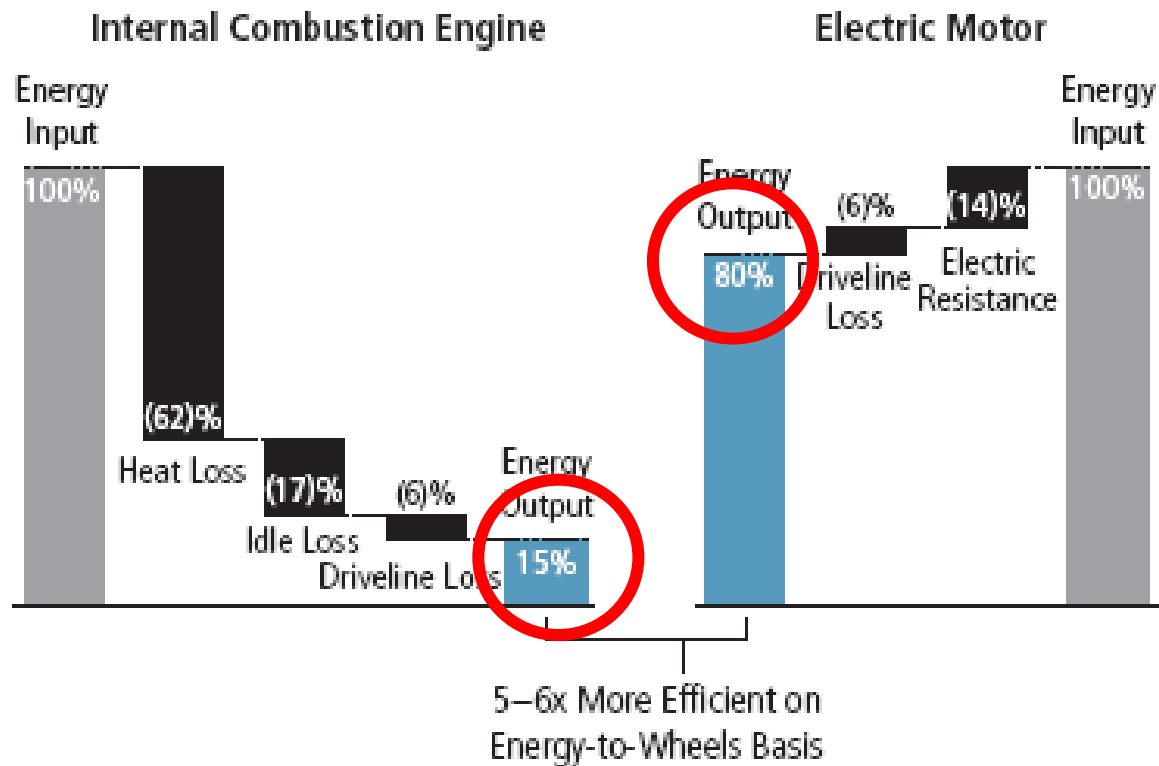


# 1. Por que não veículos elétricos?



# 1. Por que não veículos elétricos?

Electricity Is Far More Efficient Way to Power Cars



MCI → VEH → VEHP → VEB/FCEV

# 1. Por que não veículos elétricos?

## Impactos na demanda elétrica:

- Substituição de 20% da frota por VE: cerca de 3% de aumento na demanda de eletricidade (tomando em conta os ganhos de eficiência energética).
- Matriz elétrica fortemente renovável (hidro x termo)
- Problemas a resolver:
  - eventual aumento de demanda na ponta
  - tarifação: Residencial? Comercial? Especial?

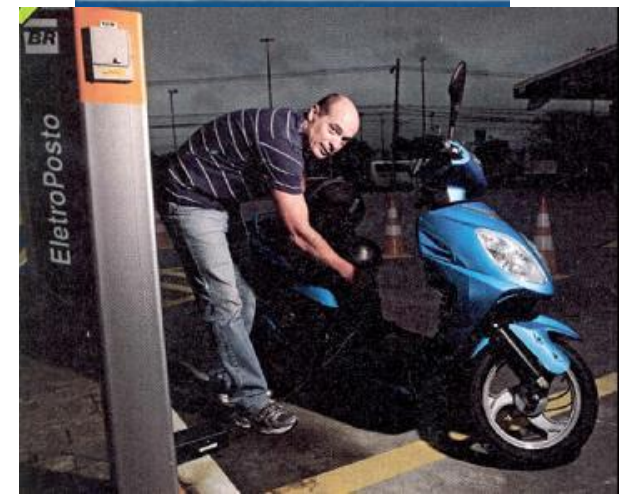


## 1. Por que não veículos elétricos?

Para transporte pessoal: bicicletas e scooters elétricos

Custo do “combustível” → eletricidade é mais barata

Carro elétrico: custo de aquisição, autonomia, durabilidade das baterias;



# 1. Por que não veículos elétricos?

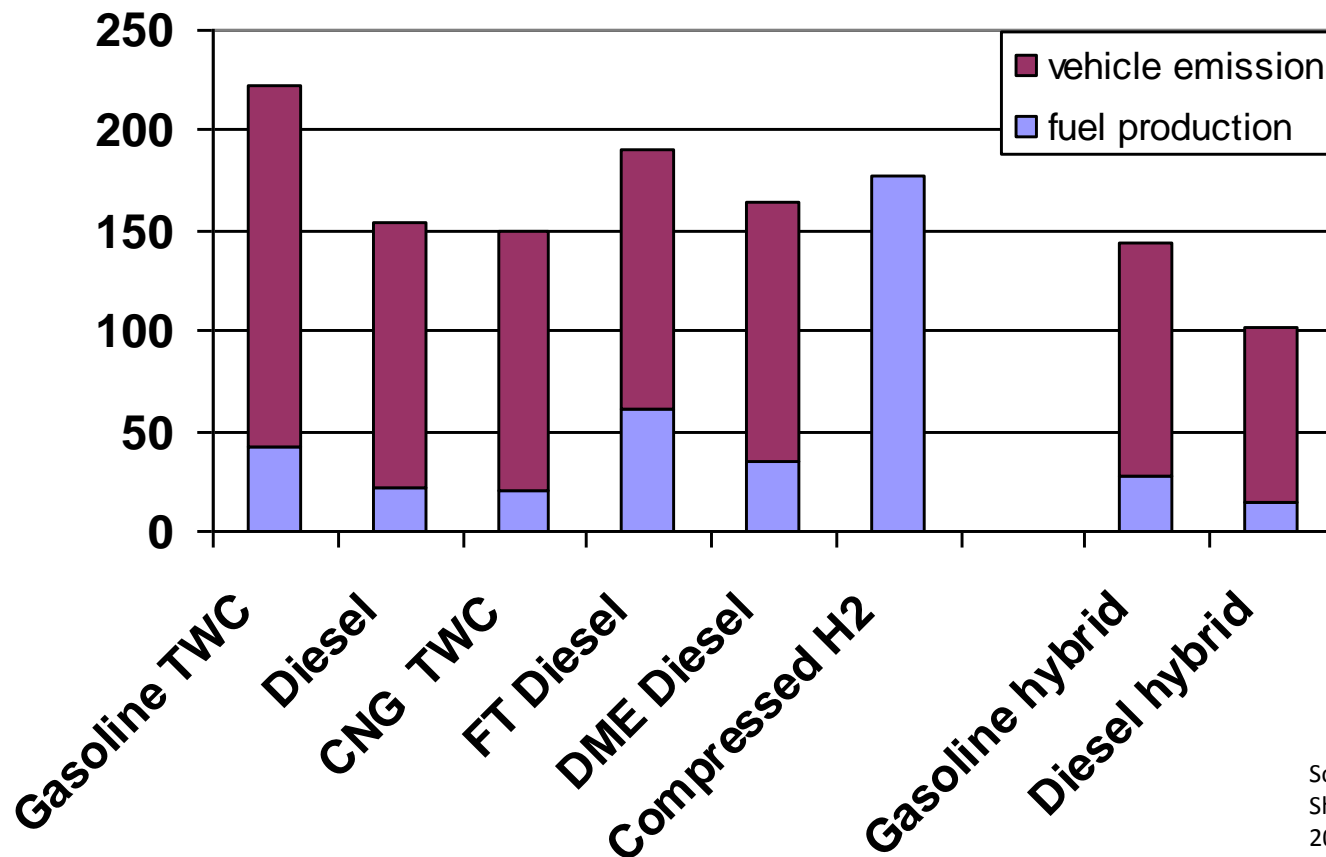
Veículos comerciais

Problemas: alimentação elétrica por redes aéreas → via exclusiva  
corredores de ônibus  
supercapacitores?  
baterias → pouca autonomia



## 2. O papel dos veículos híbridos elétricos

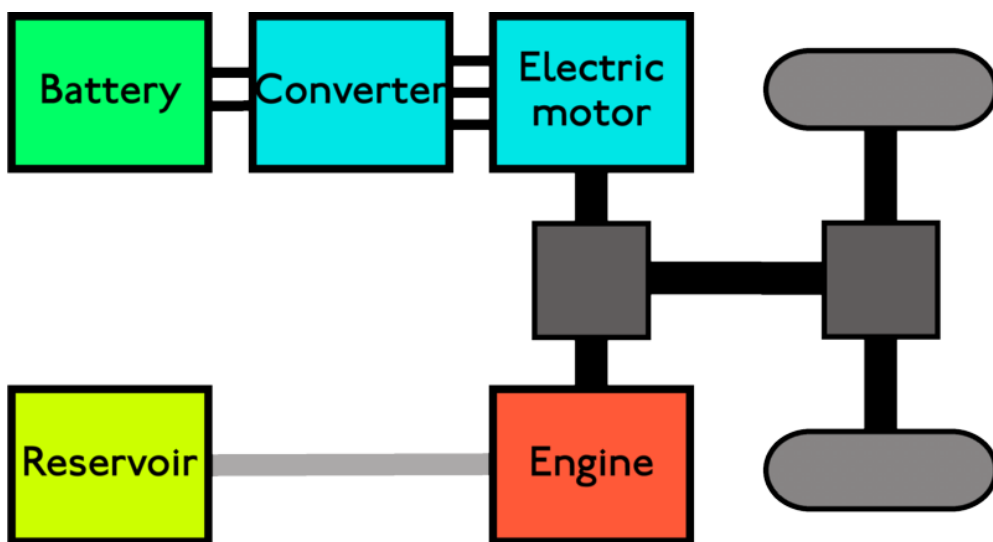
Greenhouse gas emissions, g/km



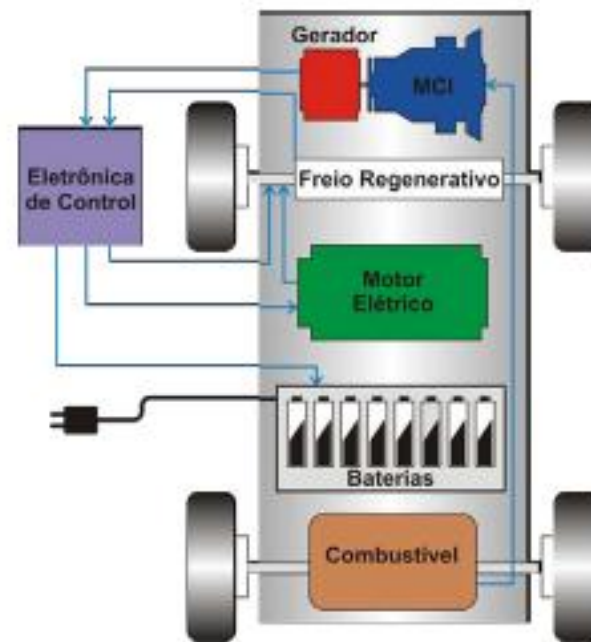
## 2. O papel dos veículos híbridos elétricos

Os veículos híbridos: ponte entre MCI e veículos elétricos

Híbridos em paralelo



Híbridos em série



## 2. O papel dos veículos híbridos elétricos

**GM Volt híbrido serie**



**Toyota Prius híbrido paralelo**



**Toyota Prius híbrido Plug-in**





## 2. O papel dos veículos híbridos elétricos

### Os veículos híbridos: ponte entre MCI e veículos elétricos

Veículo elétrico híbrido (VEH) para transporte pessoal:

Vantagens: autonomia de veículo normal;  
redução de emissões poluentes (cidades)  
redução de CO<sub>2</sub> (mais km/litro → menos CO<sub>2</sub>)

Desvantagens: custo do veículo  
peso e complexidade (duplicidade)  
**tendência a reproduzir filosofia de design**

Possibilidades: MCI otimizado para o serviço  
Novas tecnologias em MCI

## 2. O papel dos veículos híbridos elétricos

### Eletricidade: o caminho para a eficiência

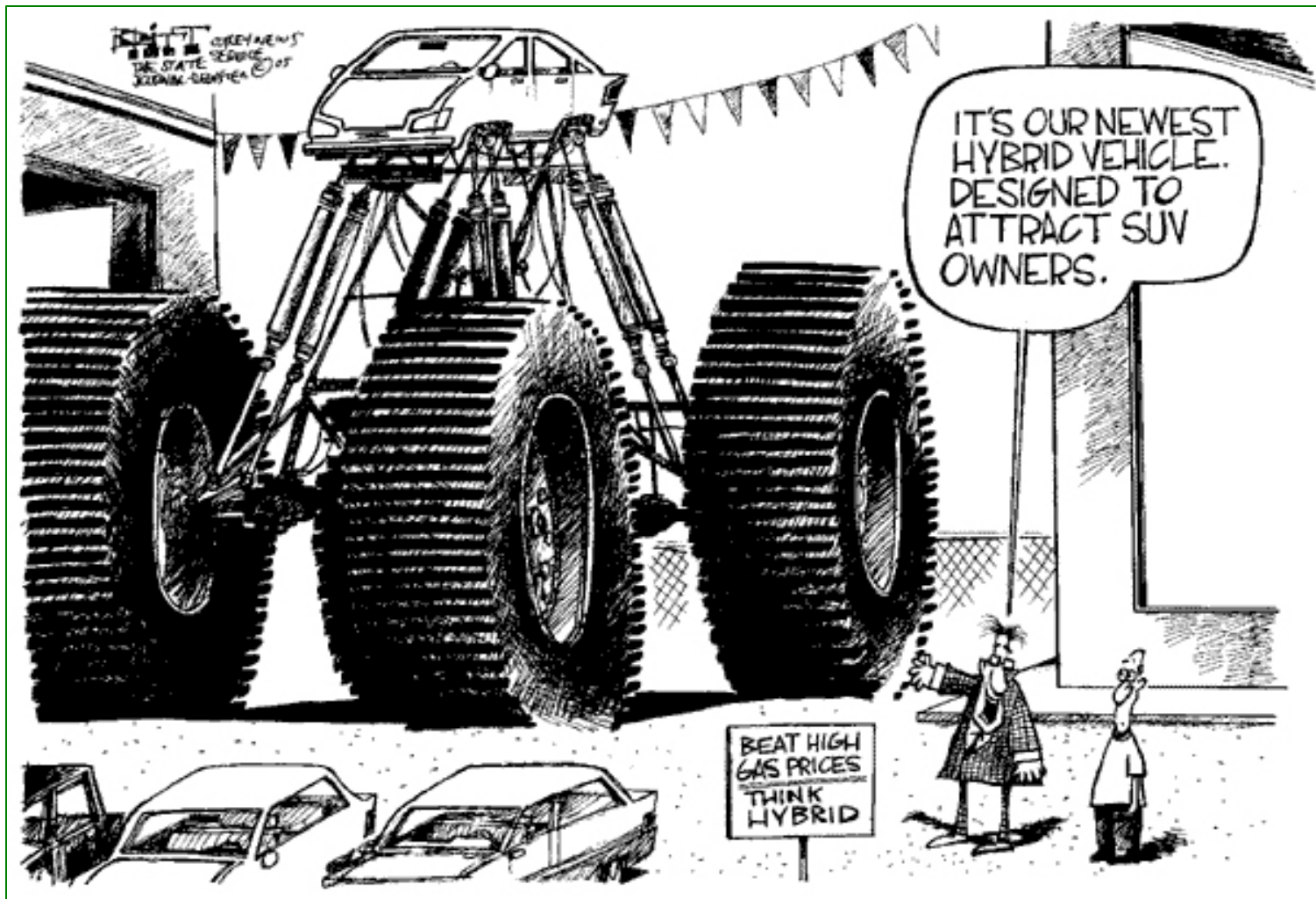
#### Fuel Efficiency Rises with Ratio of Electric to Total Power

---

	Electric to Total Power	Fuel Economy Benefit	Representative Model
Conventional Vehicle	2%	Baseline	NA
Weak Hybrid	5–10%	5–20%	GMC Sierra
Mild Hybrid	10–30%	20–50%	Honda Civic Hybrid
Full Hybrid	30–50%	20–80%	Toyota Prius

*Source: National Renewable Energy Laboratory, Dr. Menahem Anderman, Advanced Automotive Battery Conference (AABC), The New York Times, Car & Truck Test Monthly Buying Guide and AllianceBernstein*

## 2. O papel dos veículos híbridos elétricos



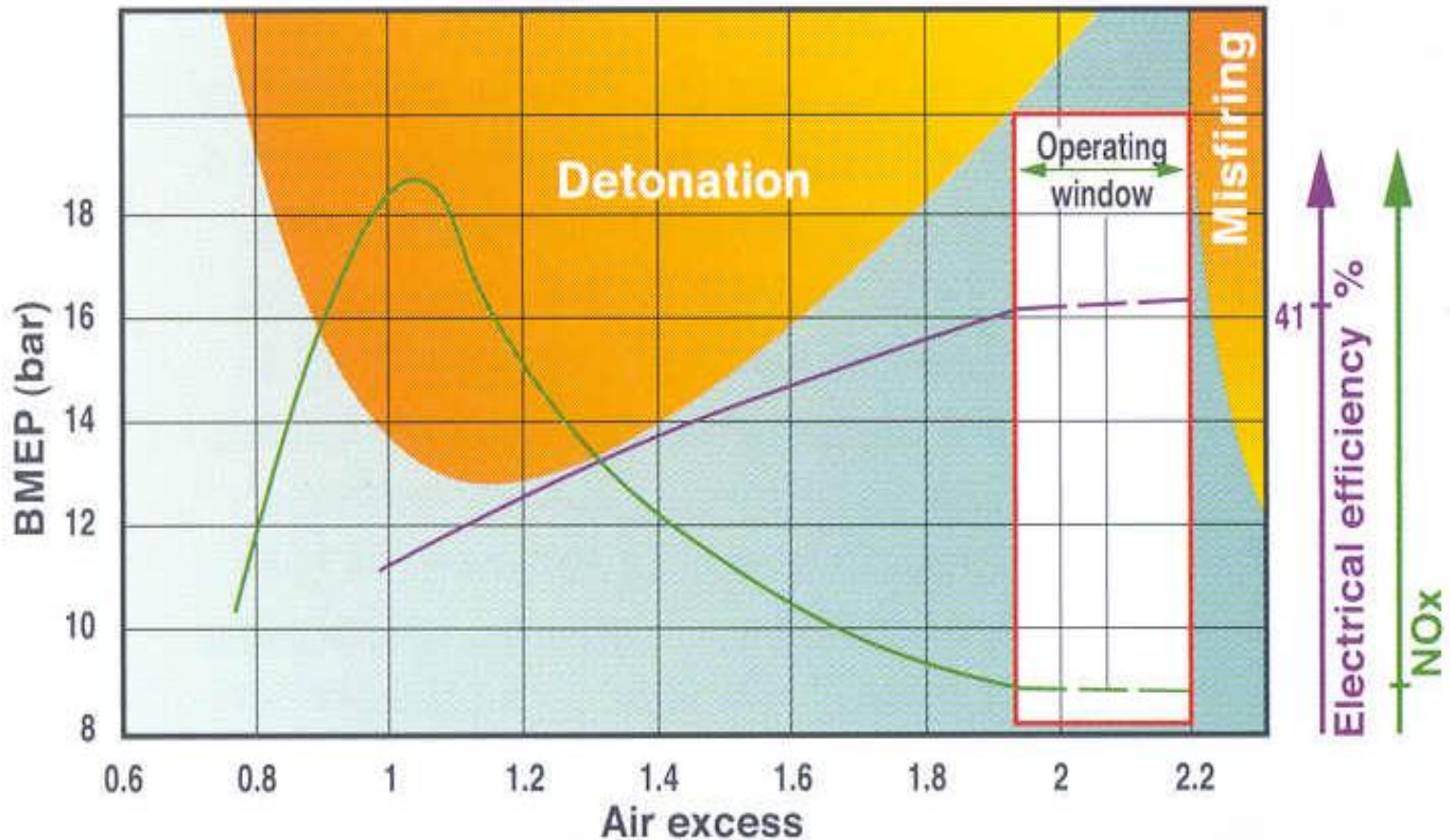


### 3. Opções tecnológicas para os VEH

- Para pequeno grau de hibridização: pouco a fazer
- Para graus elevados: MCI pode ser otimizado aumentando sua eficiência
- Possibilidades técnicas: redução de peso e tamanho c/uso de turbolimentador, injeção direta de combustível na câmara, carga estratificada, válvulas controladas eletronicamente, taxa de compressão otimizada e/ou variável.
- Redução da faixa de operação do motor (carga e rotação)
- No caso brasileiro – etanol como combustível para híbridos (usar motor flex);

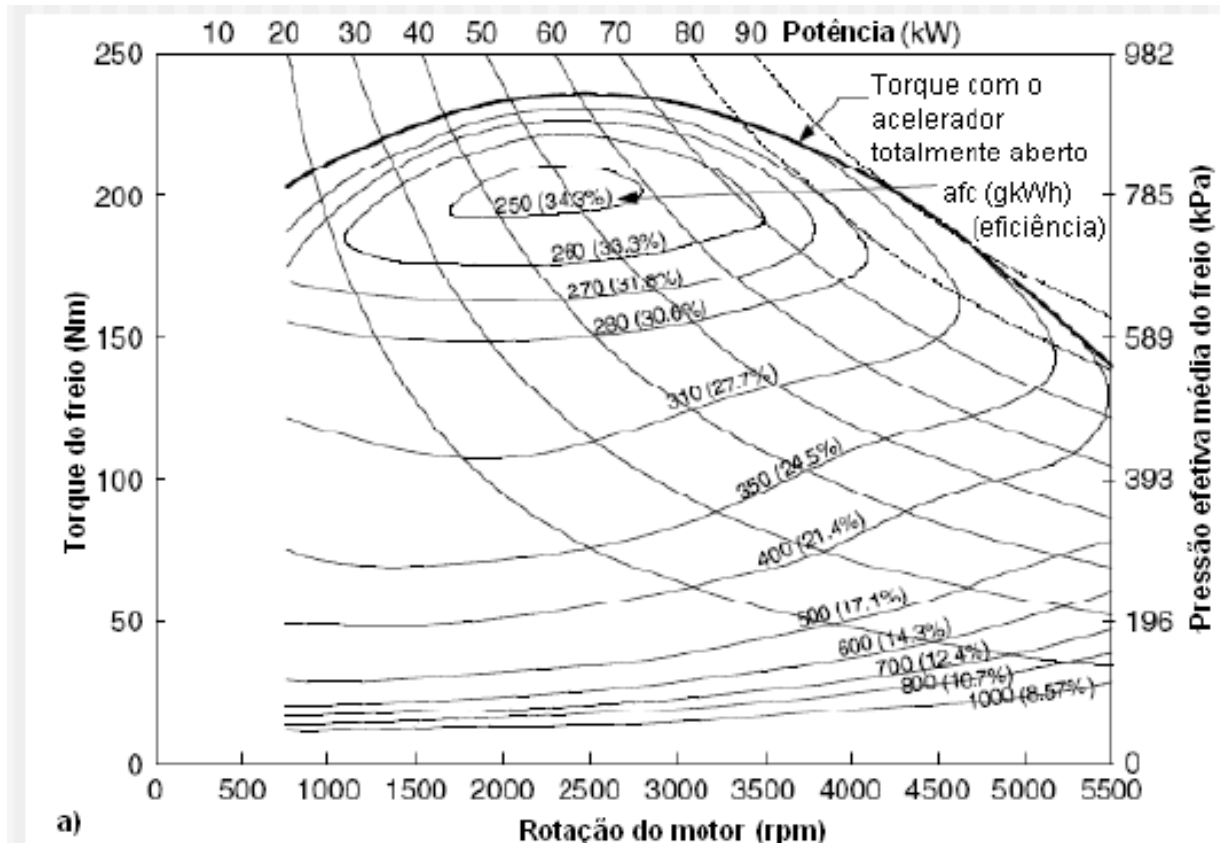
### 3. Opções tecnológicas para os VEH

Operação com mistura pobre – rotação ~ constante



### 3. Opções tecnológicas para os VEH

O ponto de operação do MCI: mapear p/ híbrido (série)



## 3. Opções tecnológicas para os VEH

### **Motores flex-fuel:**

- Compromisso entre uso de gasolina e etanol
- Simplificação de sistemas e controles – motor mais simples
- Ganho de eficiência: de ~20% (média na utilização convencional) para ~32% (melhor ponto)
- Redução de custos

### **Motores projetados exclusivamente para etanol:**

- Emissões controladas (PROCONVE): não há ganho
- Emissões de GEE: redução de emissões de CO<sub>2</sub>
- Sustentabilidade: produto renovável
- Uso de taxas de compressão mais elevadas
- Escolha de ponto de operação mais adequado (série)
- Uso de turboalimentador
- Downsizing e downspeeding
- Maiores ganhos de eficiência

## 4. Eficiência, ou redução de poluentes ou de CO<sub>2</sub>?



**Possibilidades: veículos leves urbanos, veículos comerciais leves, transporte pessoal leve, transporte coletivo (ônibus, metrô, trens)**

**Redução de poluentes e de CO<sub>2</sub>**



## 4. Eficiência, ou redução de poluentes ou de CO<sub>2</sub>?

Veículos híbridos – transporte individual, de cargas ou coletivo.  
Redução de poluentes regulados

Autonomia deixa de ser problema. Aumento de eficiência no uso de combustíveis fósseis ou renováveis



Isuzu ofrece una versión híbrida eléctrica-diesel de su gama de

La fuente de energía principal del camión





## 4. Eficiência, ou redução de poluentes ou de CO<sub>2</sub>?

### Incentivos por meio de Políticas Públicas para veículos elétricos e híbridos:

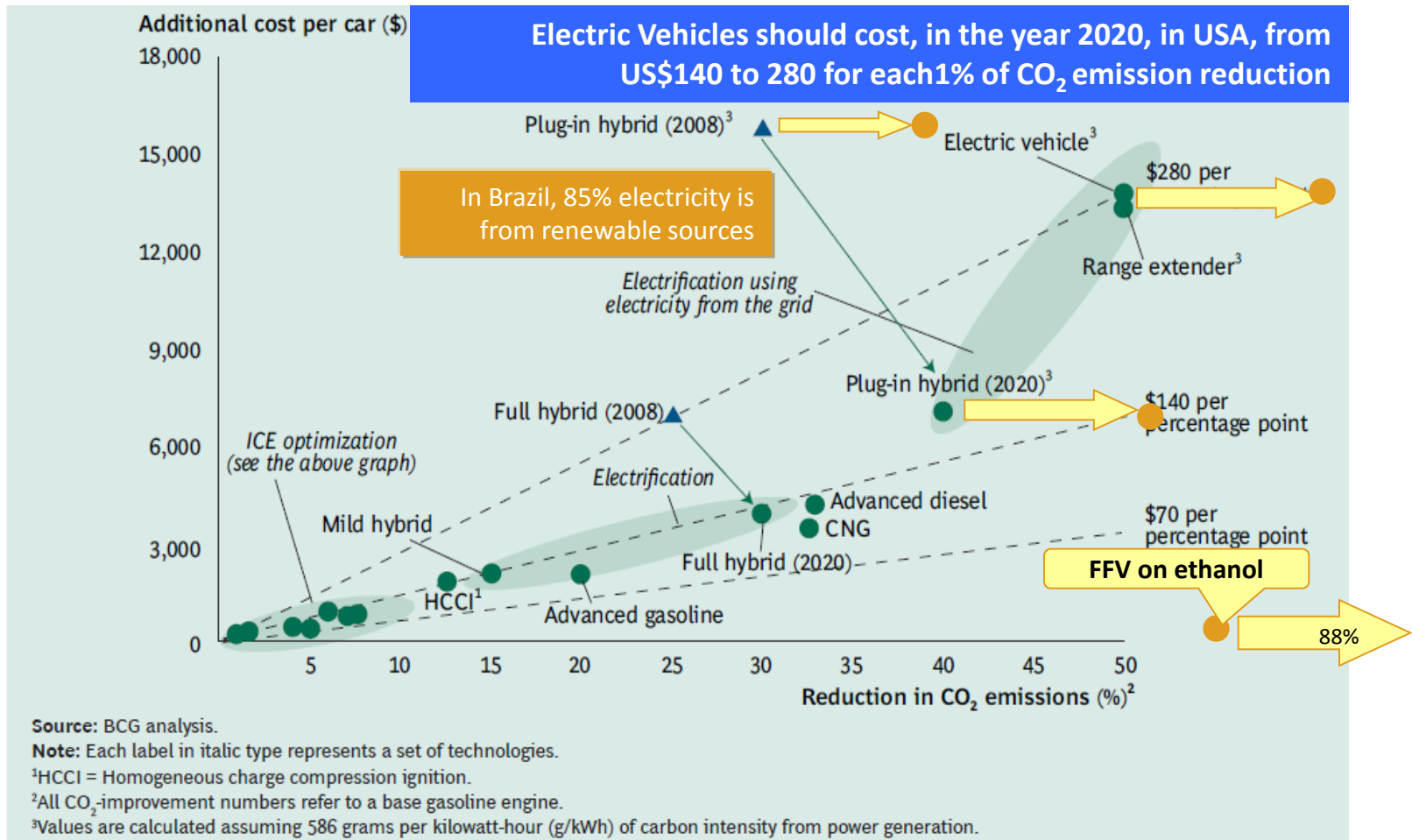
#### Incentivos positivos:

- Bônus em dinheiro a consumidores (EUA, China, UK)
- Redução de impostos e taxas na aquisição
- Redução de impostos e taxas de propriedade (anual)
- Bônus ao sucateamento de veículos antigos p/ aquisição c/ baixo CO<sub>2</sub>

#### Incentivos negativos:

- Aumento de impostos e taxas sobre combustíveis fósseis
- Sistemas “bonus – malus” (França): prêmio ou castigo
- Aumento de impostos na aquisição de veículos c/ alto CO<sub>2</sub>

## 4. Eficiência, ou redução de poluentes ou de CO<sub>2</sub>?





## 5. Comentários finais

- Definir claramente os objetivos a atingir por meio de políticas públicas;
- Necessidade de definição sobre o IPI e impostos de importação de partes e componentes para VEB e VEH.
- Estados tem papel importante (ICMS e IPVA)
- Ajustes no Código Nacional de Trânsito, procedimentos para licenciamento (veículos não convencionais)
- Oportunidades e áreas em que o Brasil pode se sobressair: veículos leves híbridos a etanol ou flex, ônibus híbridos

### MUDANÇA DE PARADIGMAS:

Saturação do trânsito: escolha entre mobilidade e propriedade

## 5. Comentários finais: MUDANÇA DE PARADIGMAS





**Obrigado pela atenção**

**Prof. Dr. Waldyr Luiz Ribeiro Gallo**

**Dep. de Energia – Faculdade de Engenharia Mecânica**

**UNICAMP**

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

**Fone: (19) 3521.3267**