

Hidrogénio

- Células de Combustível

Aníbal Traça de Almeida
ISR – Universidade de Coimbra
Dep. Engenharia Electrotécnica
3030 Coimbra, Portugal
Email: adealmeida@isr.uc.pt



A economia do hidrogénio

É uma perspectiva aliciante :

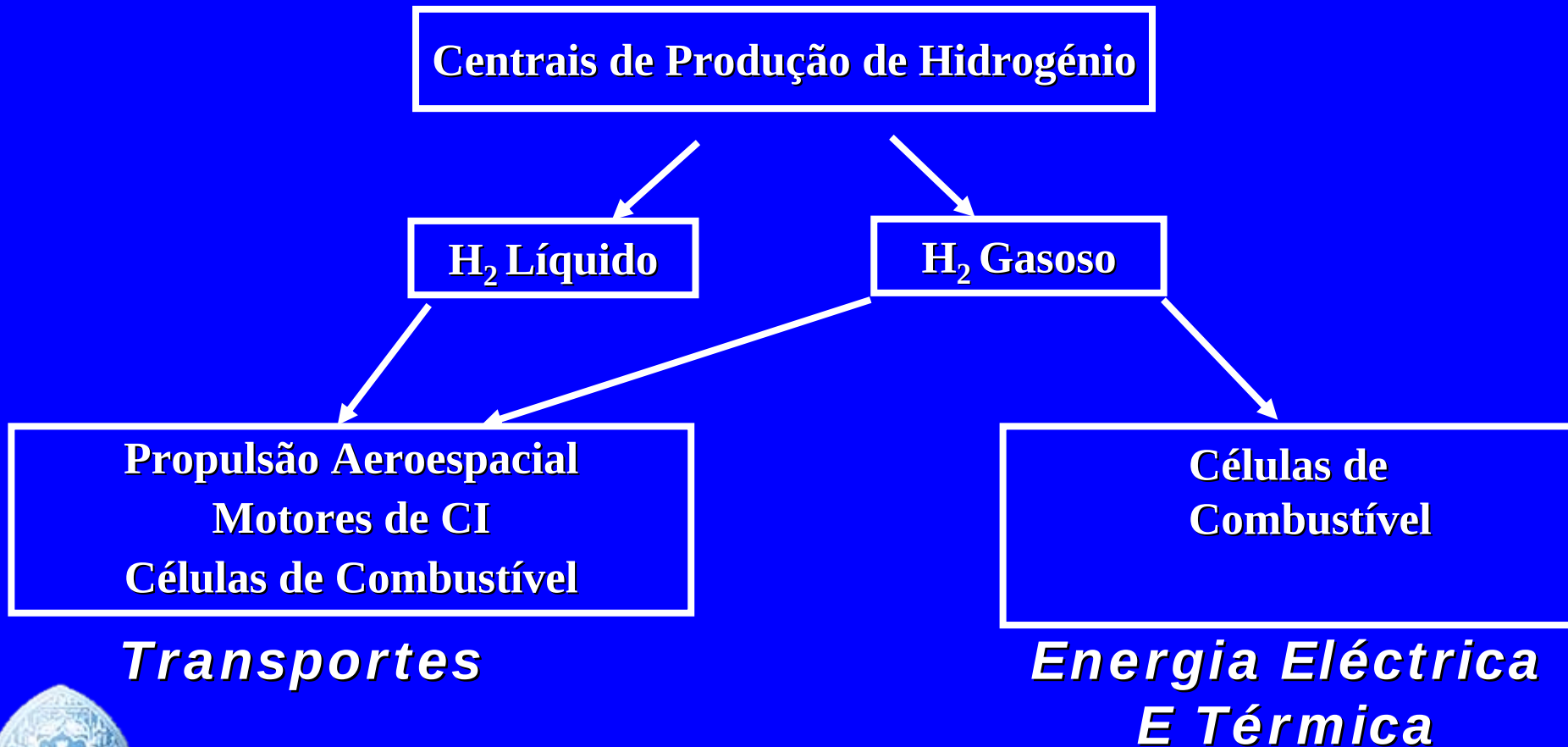
- é potencialmente um portador de energia abundante, limpo, seguro e flexível.

Questões Fundamentais ...

- NÃO é uma fonte de energia, mas um portador de energia
- Não dispõe ainda de uma rede integrada
- Ainda não é competitivo em termos de custos, desempenho ou de fiabilidade face aos combústíveis fósseis
- As avaliações mais optimistas situam a economia do hidrogénio a décadas de distância



Sistemas Energéticos Baseados no Hidrogénio



Questões Chave na Utilização do Hidrogénio

- **Produção:**
 - Fonte de Energia Utilizada
 - Produção Local vs. Remota
 - Impacto Ambiental
- **Armazenamento, Transporte e Manuseamento:**
 - Armazenamento Gasoso, Líquido, e em Sólidos
 - Transporte via condutas, Comboios, Camiões
- **Questões de Segurança na Produção, Armazenamento e Transporte -Normas e Códigos**
- **Competitividade Económica**



Tecnologias de Produção

- Separação com Vapor(SMR)
- Oxidação Parcial(POX)
- Gasificação de Carvão
- Gasificação de Biomassa
- Electrólise
 - Elect. Convencional (Carvão, Nuclear)
 - Energia Eólica
 - SolarFotovoltaica
 - Elect. Solar Térmica
- Ciclos Termoquímicos
 - Solar Térmica
 - Nuclear
- Produção Biológica



Hidrogénio derivado do Gás Natural

Oxidação Parcial

Metano
 CH_4



+

(Ar-)
Oxigénio
 O_2



exotherm
319 kJ/mol

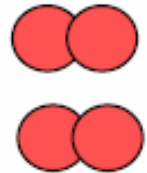


Dióxido de
Carbono
 CO_2



+

Hidrogénio
 H_2



Separação com Vapor

Metano
 CH_4



+

Água
 H_2O



endotherm
166 kJ/mol

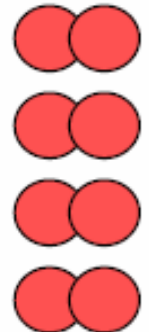


Dióxido de
Carbono
 CO_2



+

Hidrogénio
 H_2



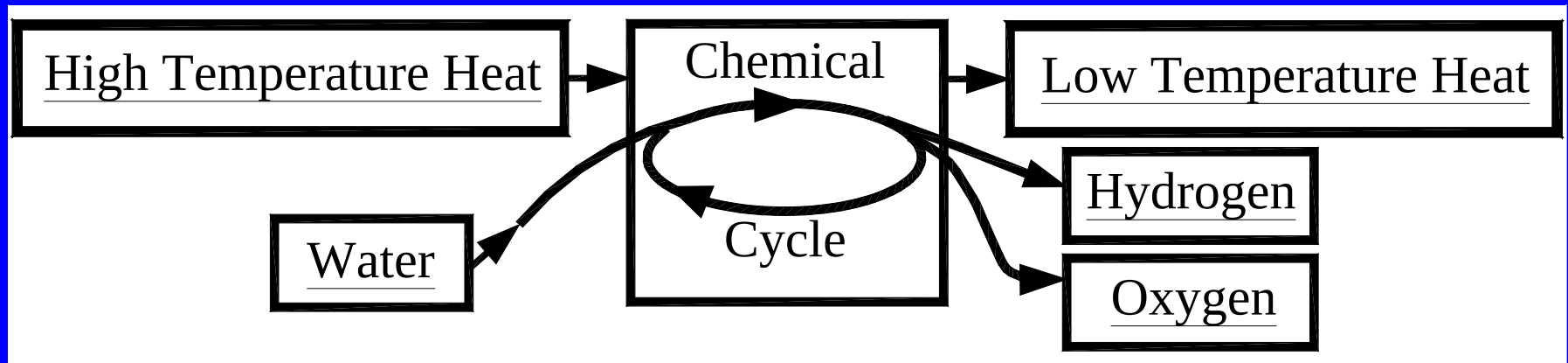
Hidrogénio a partir da Biomassa

- O processo de gasificação/pirólise pode ser usado para gerar hidrogénio.
- A biomassa tem de ser sujeita a um processo de alta temperatura e pressão.
- A decomposição e oxidação parcial da biomassa produz uma mistura de gases rica em hidrogénio

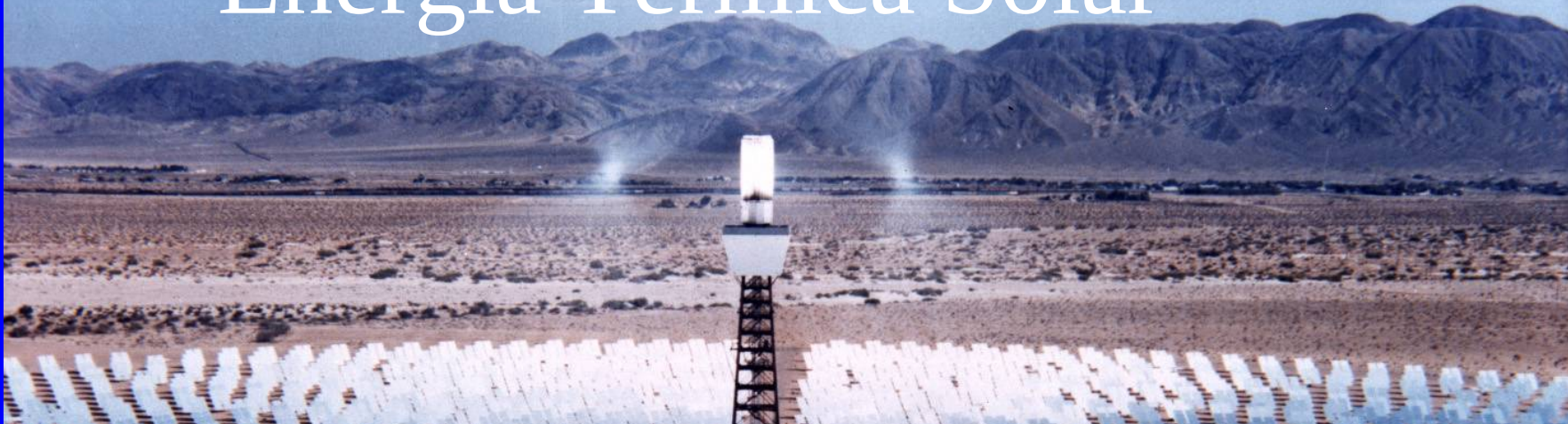


Hidrogénio Termoquímico

- Usa uma série de reacções químicas para produzir o hidrogénio final

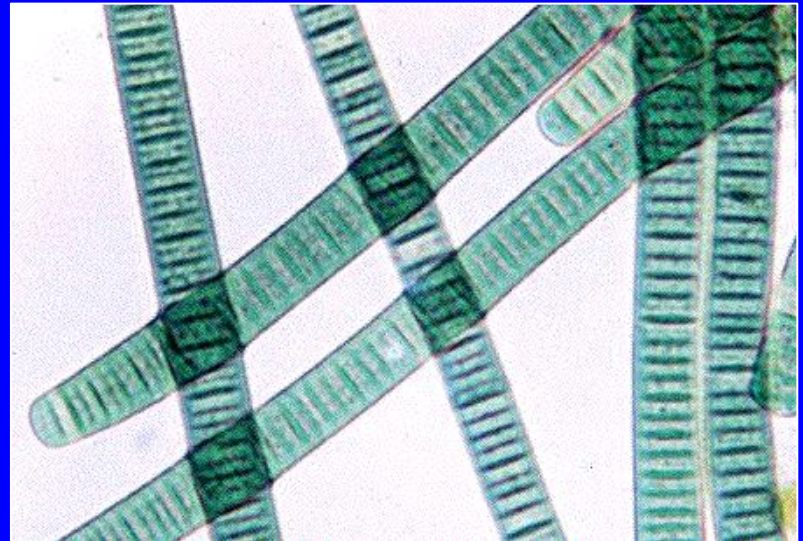


Energia Térmica Solar



Hidrogénio Biológico

- Dois principais organismos produtores de hidrogénio:
 - algas e bactérias utilizam enzimas para gerar hidrogénio em condições anaeróbicas

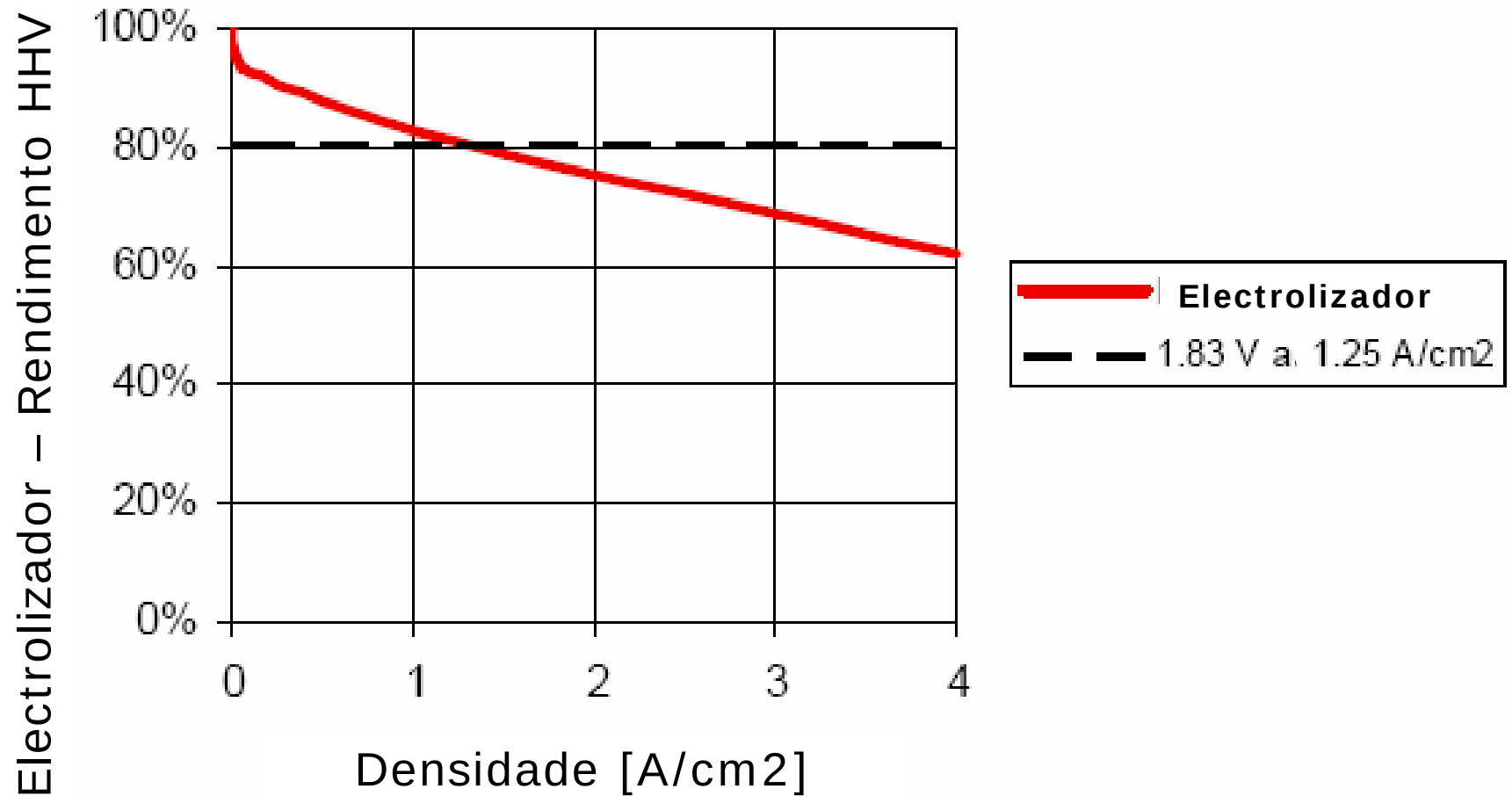


Electrólise

- Electrólise através de Electricidade Convencional
- Electrólise através de Energias Renováveis
 - Energia Eólica
 - Fotovoltaicas
 - Solar Térmica (Concentradores)
 - Novos Desenvolvimentos (Nano Rectennas)



Perdas de energia na produção de hidrogénio por electrólise



Produção de hidrogénio pela electrólise e por separação de gás natural

1. Da água por electrólise



energia eléctrica + H_2O = energia no H_2 + $\frac{1}{2} \text{O}$

$$286 \text{ kJ/mol} = 286 \text{ kJ/mol}$$

$$100\% = 100\%$$

Na realidade:

125% do input de energia = 100% energia no H_2 + 25% de perdas

2. Do gás natural por separação com vapor de água



energia do metano + calor + H_2O = energia no H_2 + CO_2

$$890 \text{ kJ/mol} + 254 \text{ kJ/mol} = (4 \times 286 \text{ kJ/mol} =) 1,144 \text{ kJ/mol}$$

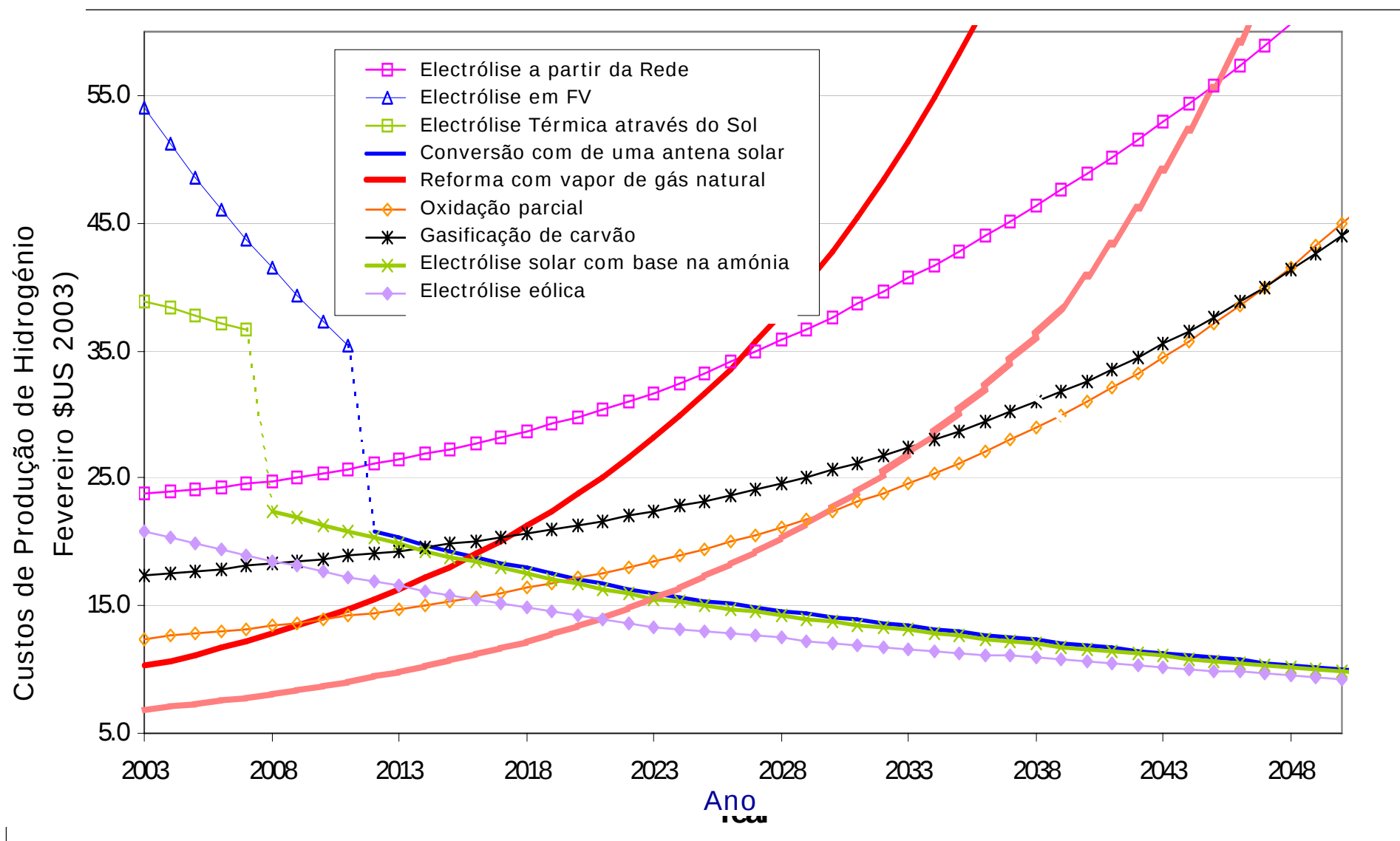
$$78\% + 22\% = 100\%$$

Na realidade:

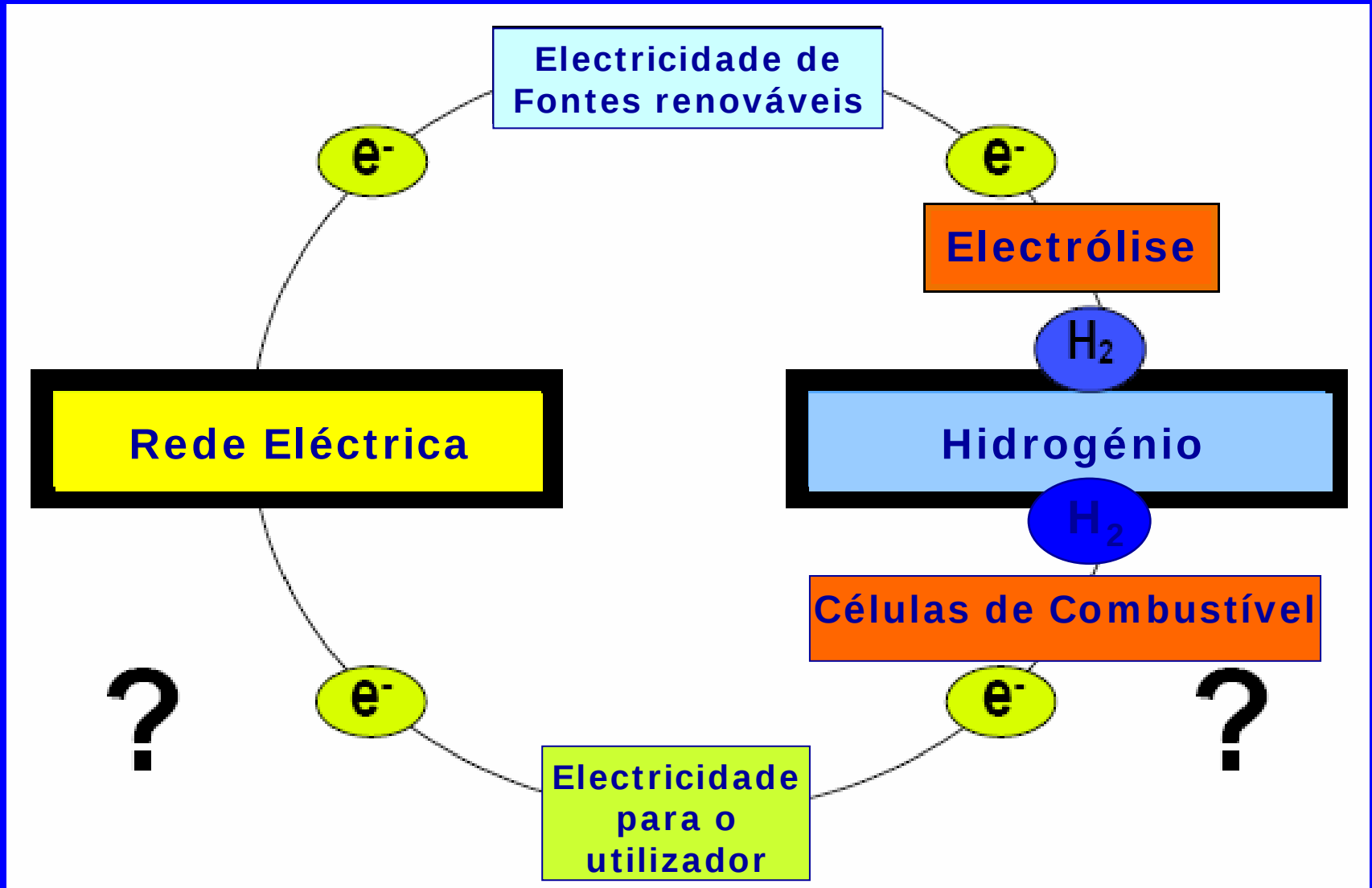
110% do input de energia = 100% energia no H_2 + 10% de perdas



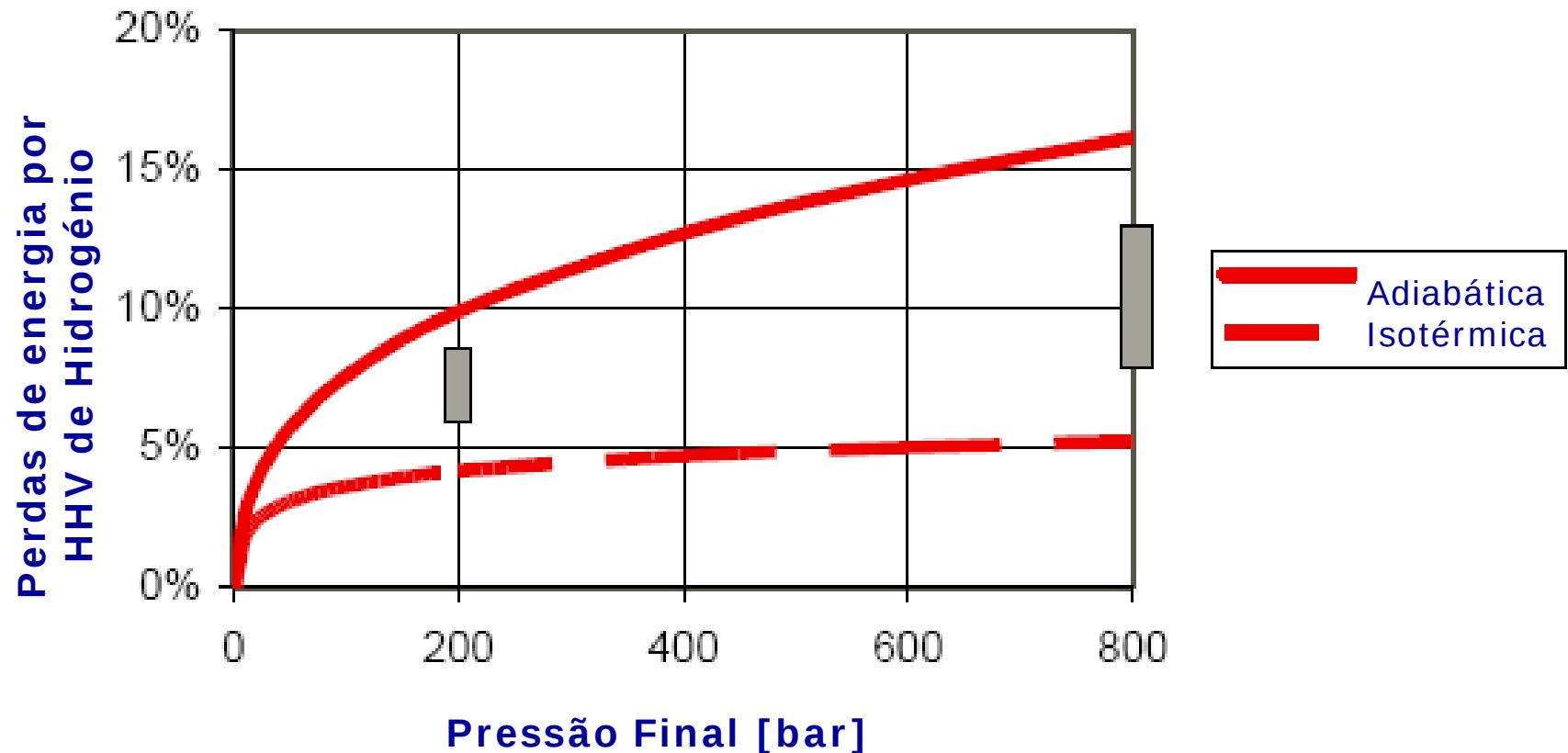
Custos de Produção de Hidrogénio



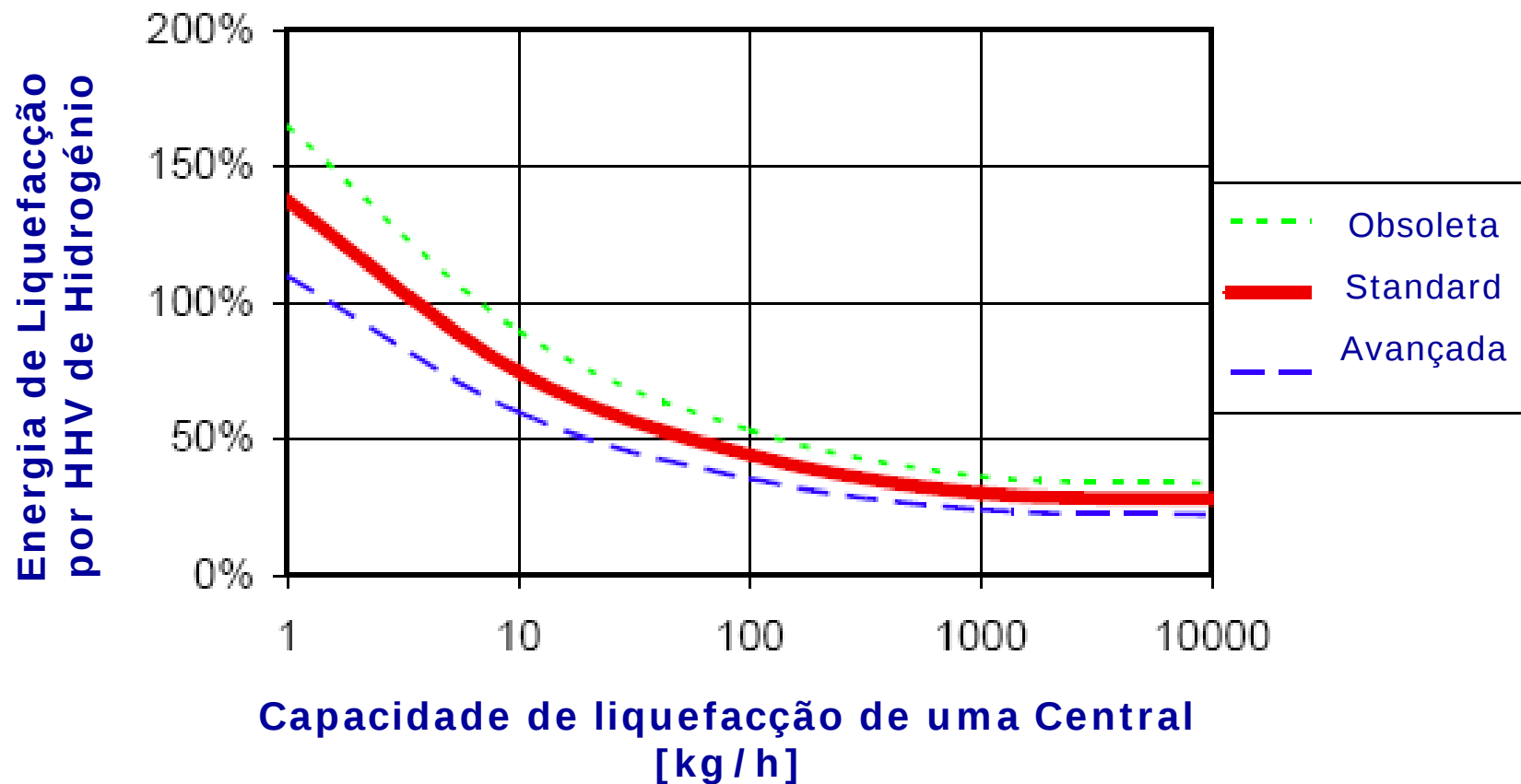
Opções de distribuição de energia



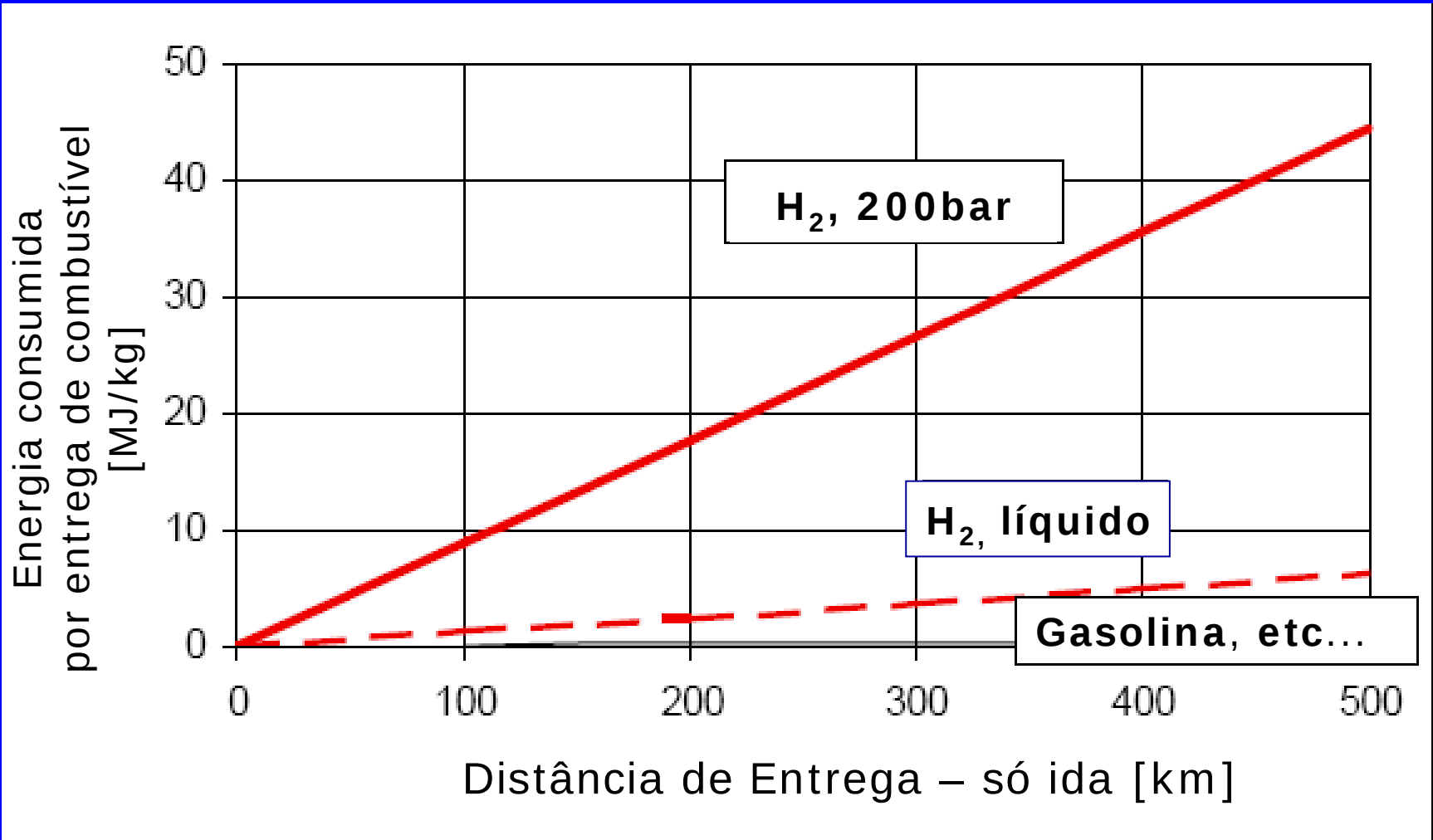
Compressão de Hidrogénio



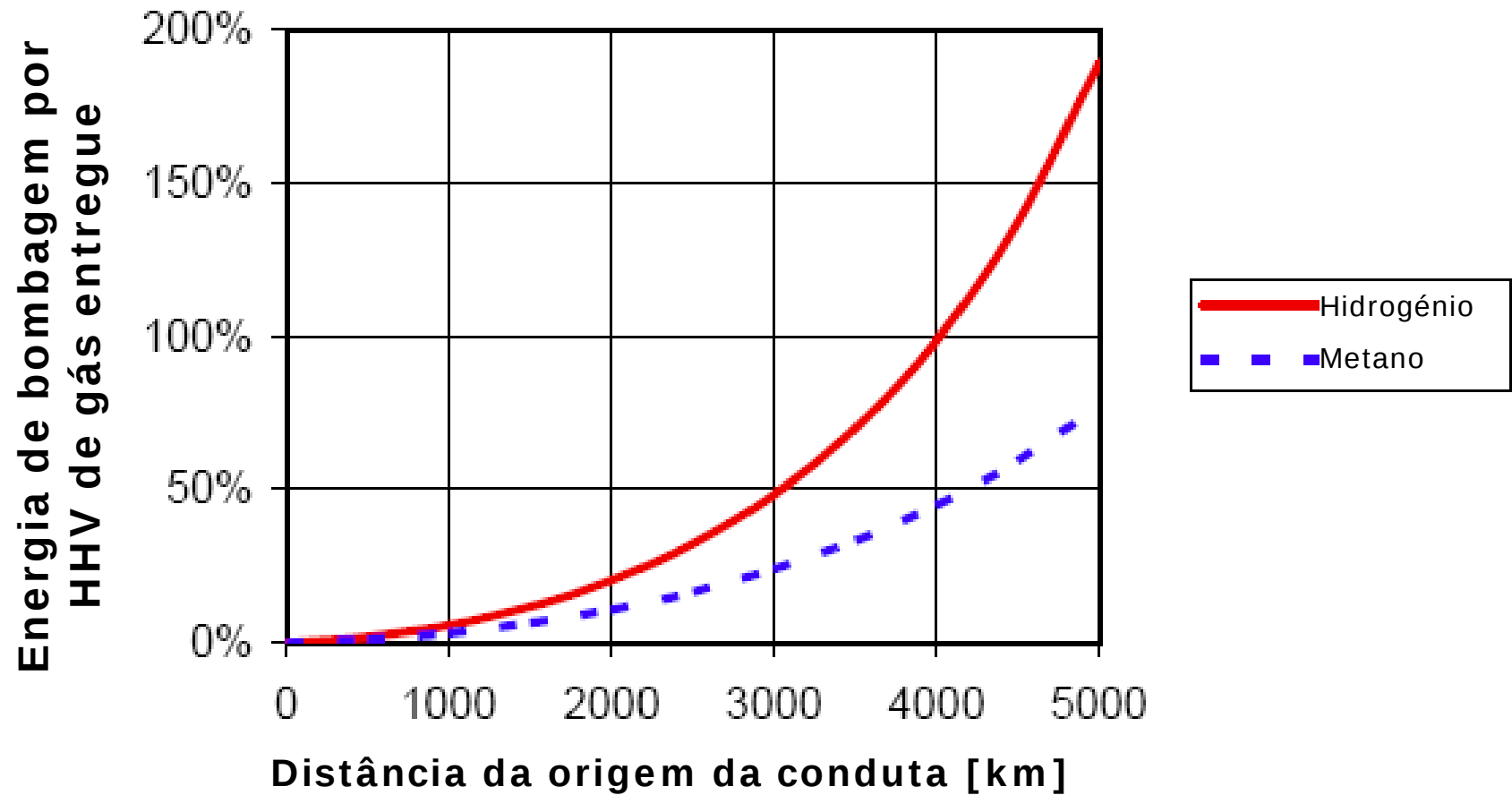
Liquefacção de Hidrogénio



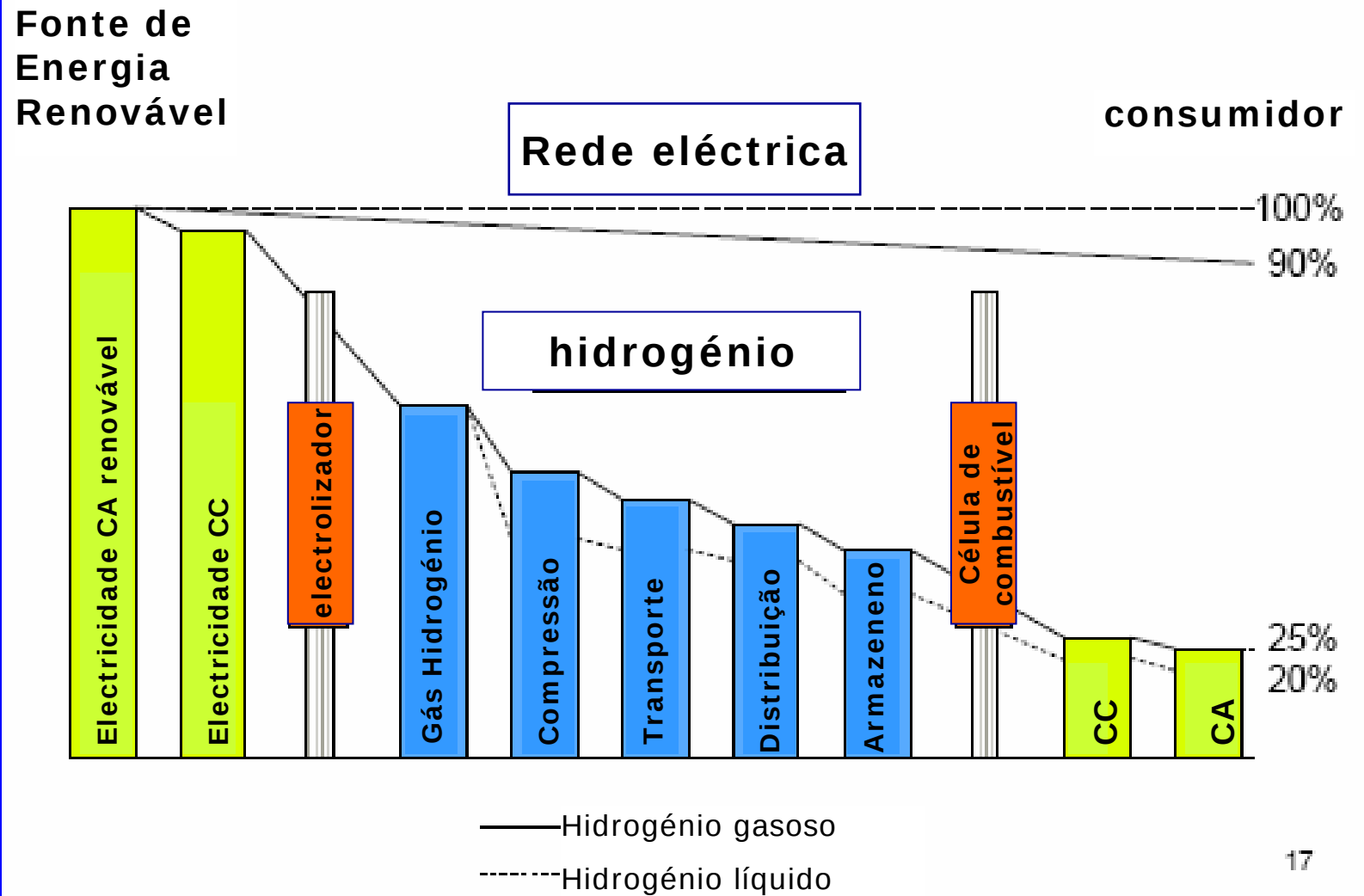
Transporte Rodoviário de Hidrogénio



Transporte de hidrogénio a longa distância através de condutas

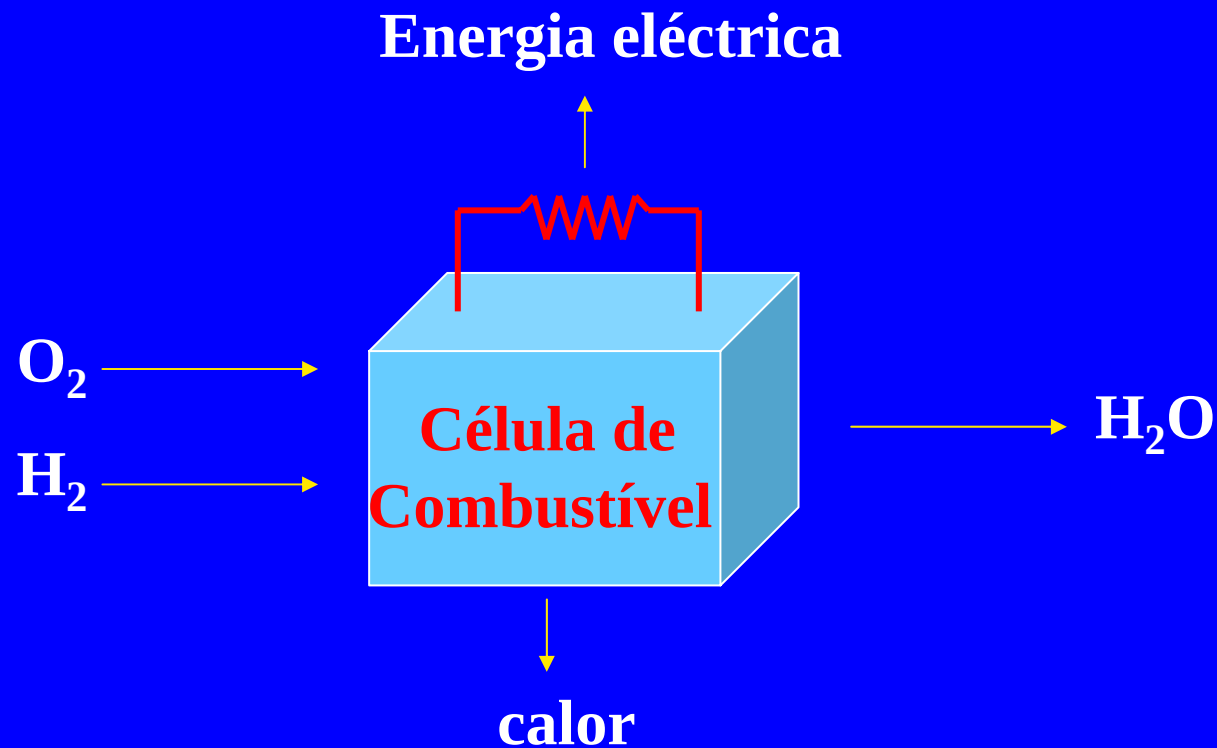


Transporte de electricidade renovável pela rede e hidrogénio



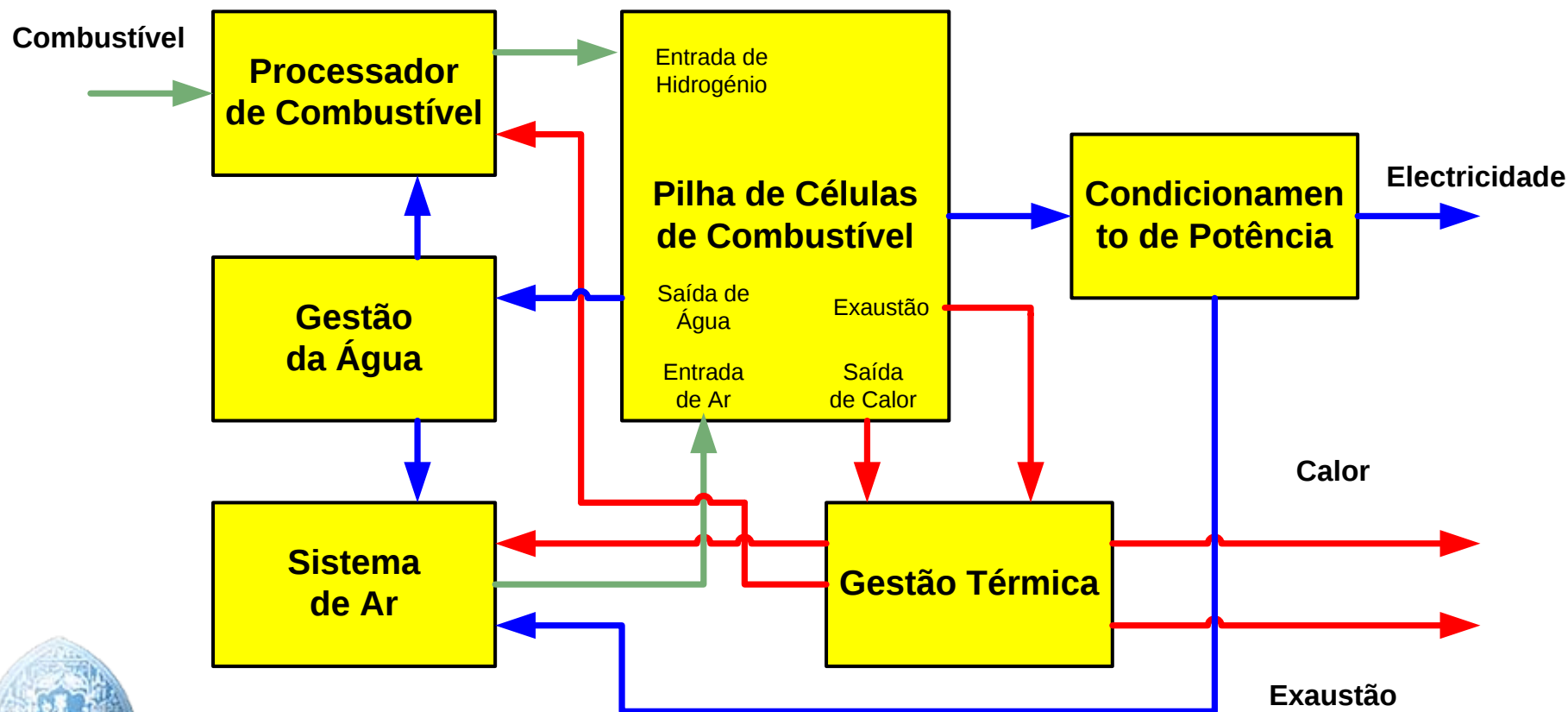
Célula de Combustível

“Processo inverso da electrólise.”



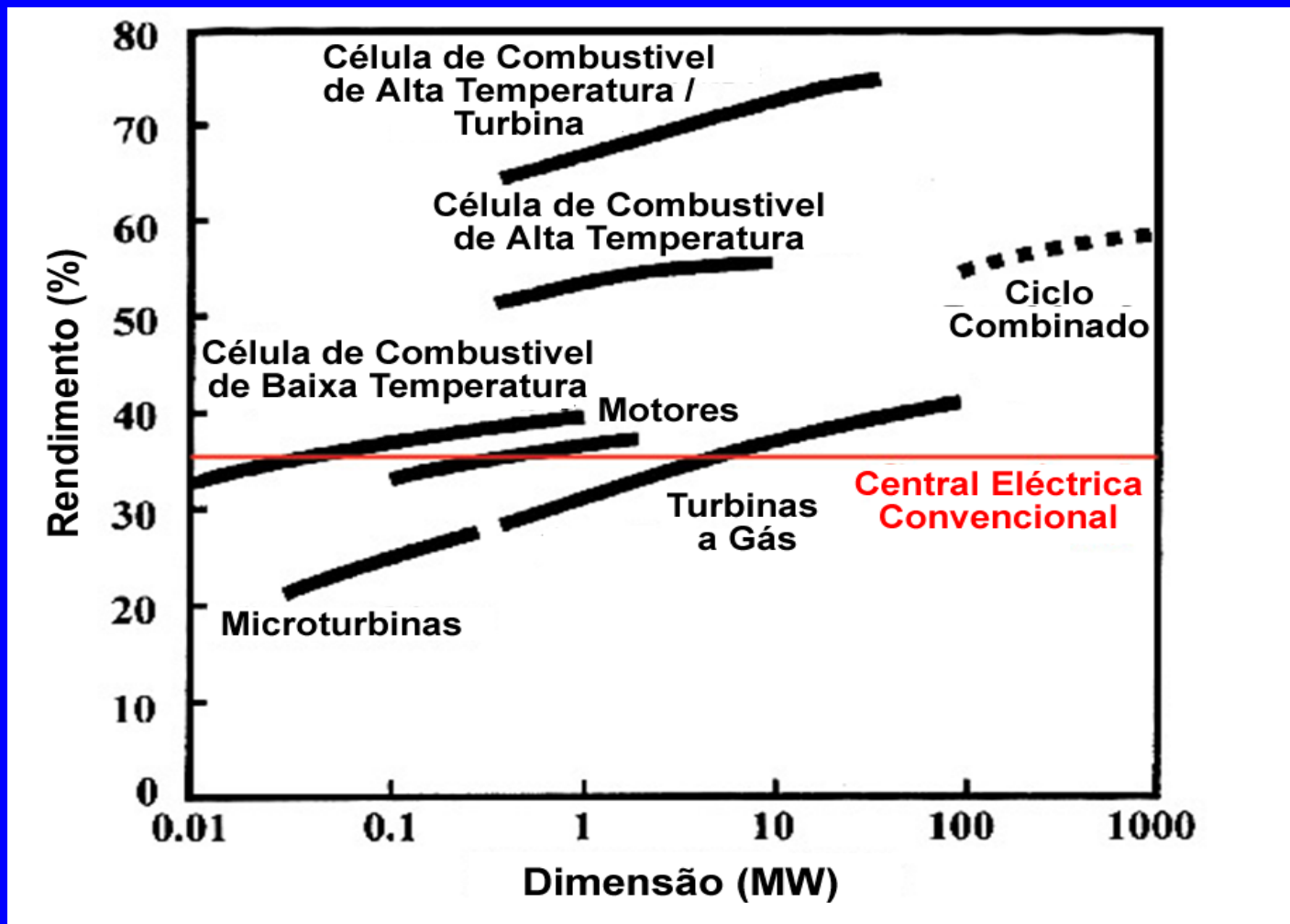
Células de combustível

Diagrama de uma célula de combustível com capacidade para separar o hidrogénio do combustível de entrada

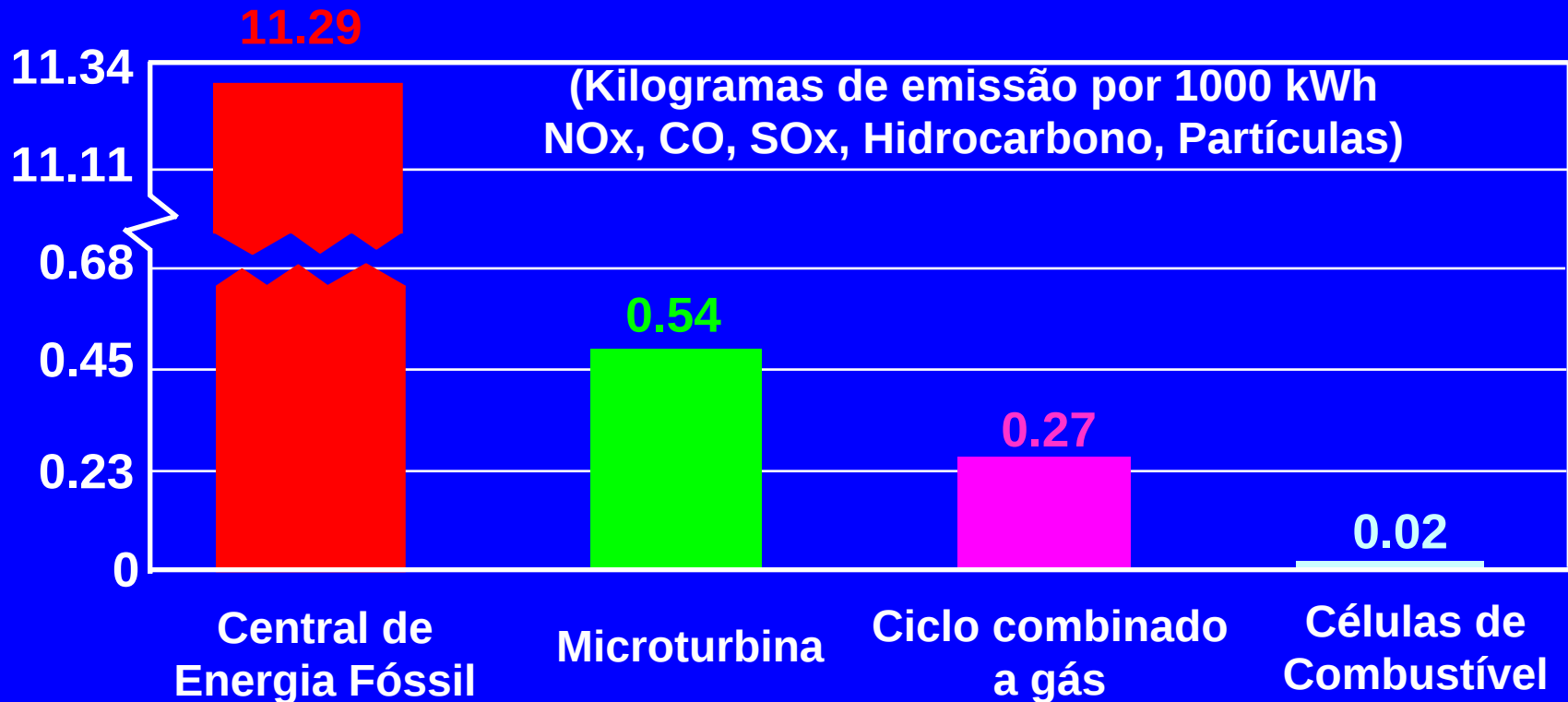


Células de combustível

Rendimento comparativo entre as diversas tecnologias de células de combustível e outras tecnologias convencionais



Emissões Relativas de Poluentes

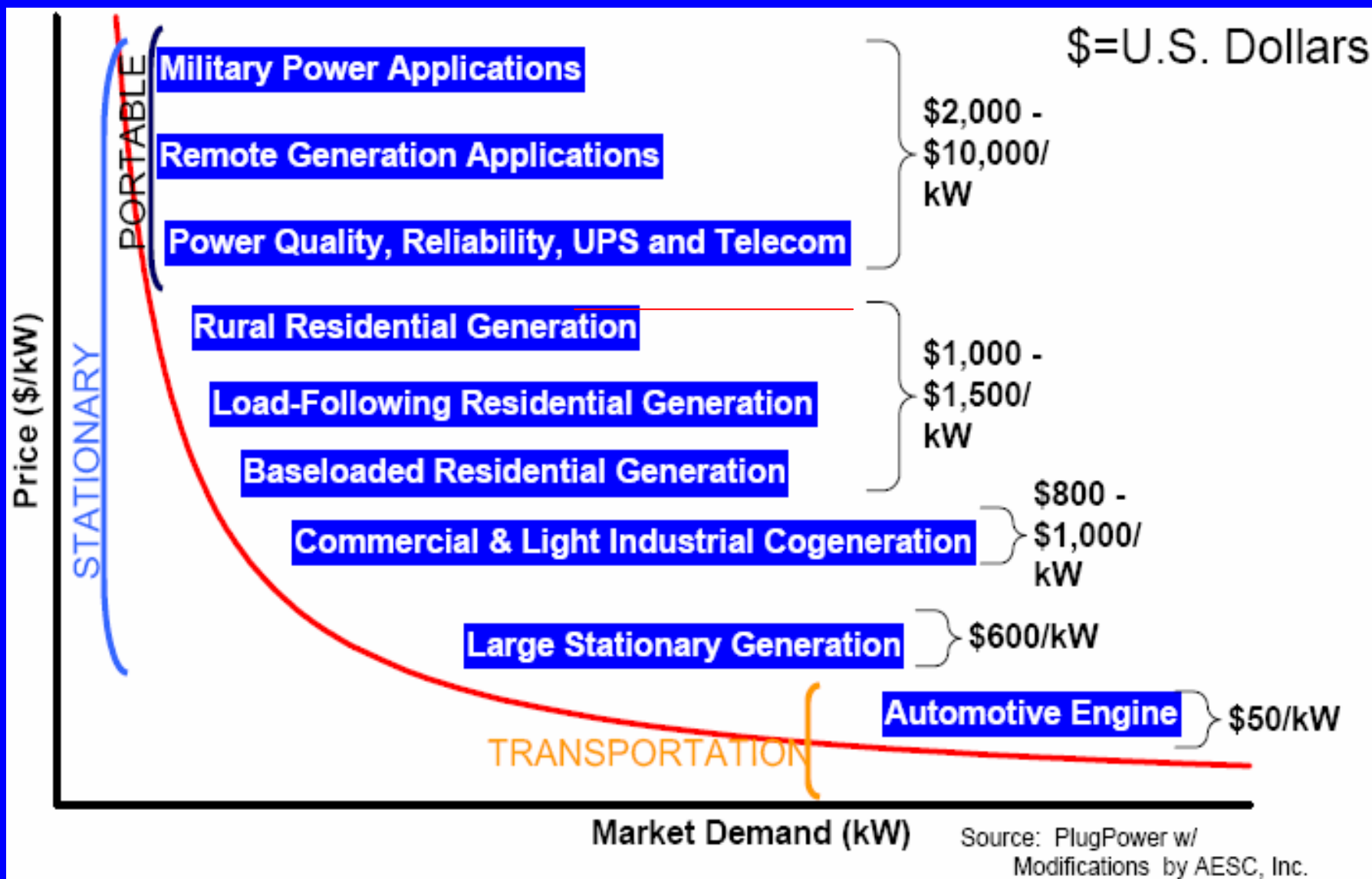


Potenciais benefícios das células de combustível para a produção distribuída

- Decréscimo do uso de combustíveis fósseis importados
- Redução das emissões de dióxido de carbono e de outros poluentes
- Melhoria da fiabilidade
- Mitigação da necessidade de expansão da capacidade de produção bem como da transmissão e distribuição
- Redução das perdas T&D (10% de toda a electricidade)
- Integração de fontes intermitentes



Fuel cell applications

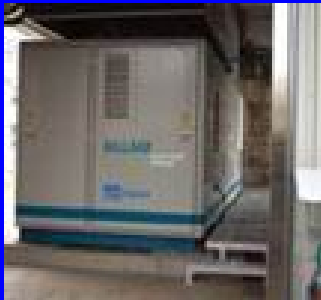


Fuel cells capital cost

Fuel cell technology	Capital costs, €/kW	
	Projected (2010)	Present
PEMFC	1.100-1.800	2.400-12.000
PAFC	1.350-1.800	4000-5.000
SOFC	1.200-2.000	10.000-16.000
MCFC	1.200-2.000	15.000-22.000



Aplicações Estacionárias

Energia de Qualidade	Energia de Reserva	Cogeração	Geração Distribuída	Locais Remotos
				



Fuel Cells and Emergency Preparedness

- Emergency services (9/11)
- Water systems
- Medical facilities
- Airports
- Research laboratories
- Food service
- Industry
- Prisons
- Senior citizen housing
- Computer centers



Long Interruptions (2003)

Place and Date, Number of Affected Consumers,
Restoration Time, Demand (GW)

•Canada and USA (14-8-03)

- 50.000.000
- 24 hours
- 61.800 GW

•Birmingham(5-9-03)

- 20.000
- 11 minutes
- 253 GW

•London(28-8-03)

- 410.000
- 47 minutes
- 720 GW

•South of Sweden and East of Denmark (23-9-03)

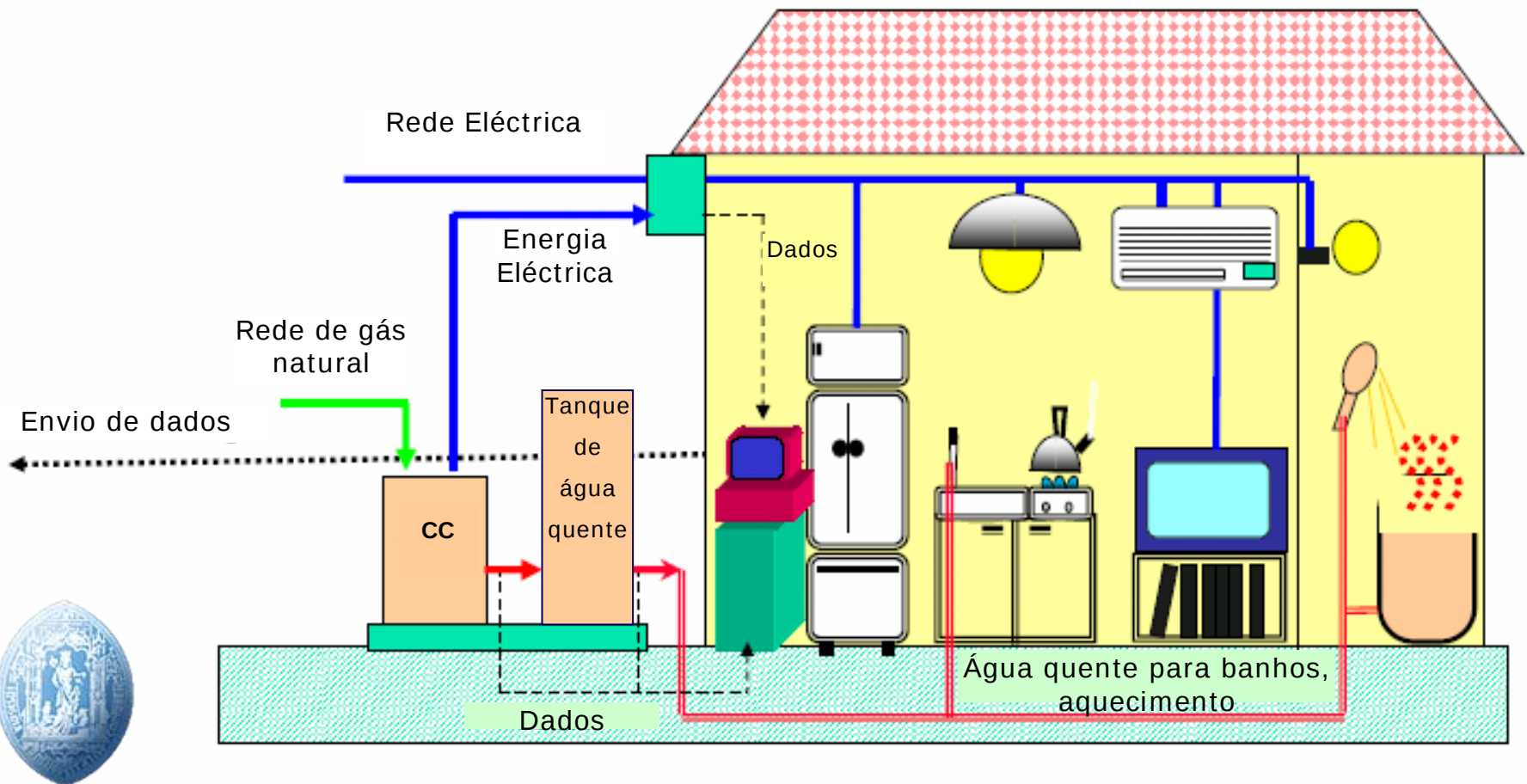
- 4.000.000
- 2 hours
- 6.600 GW

•Italy,except Sardinia (28-9-03)

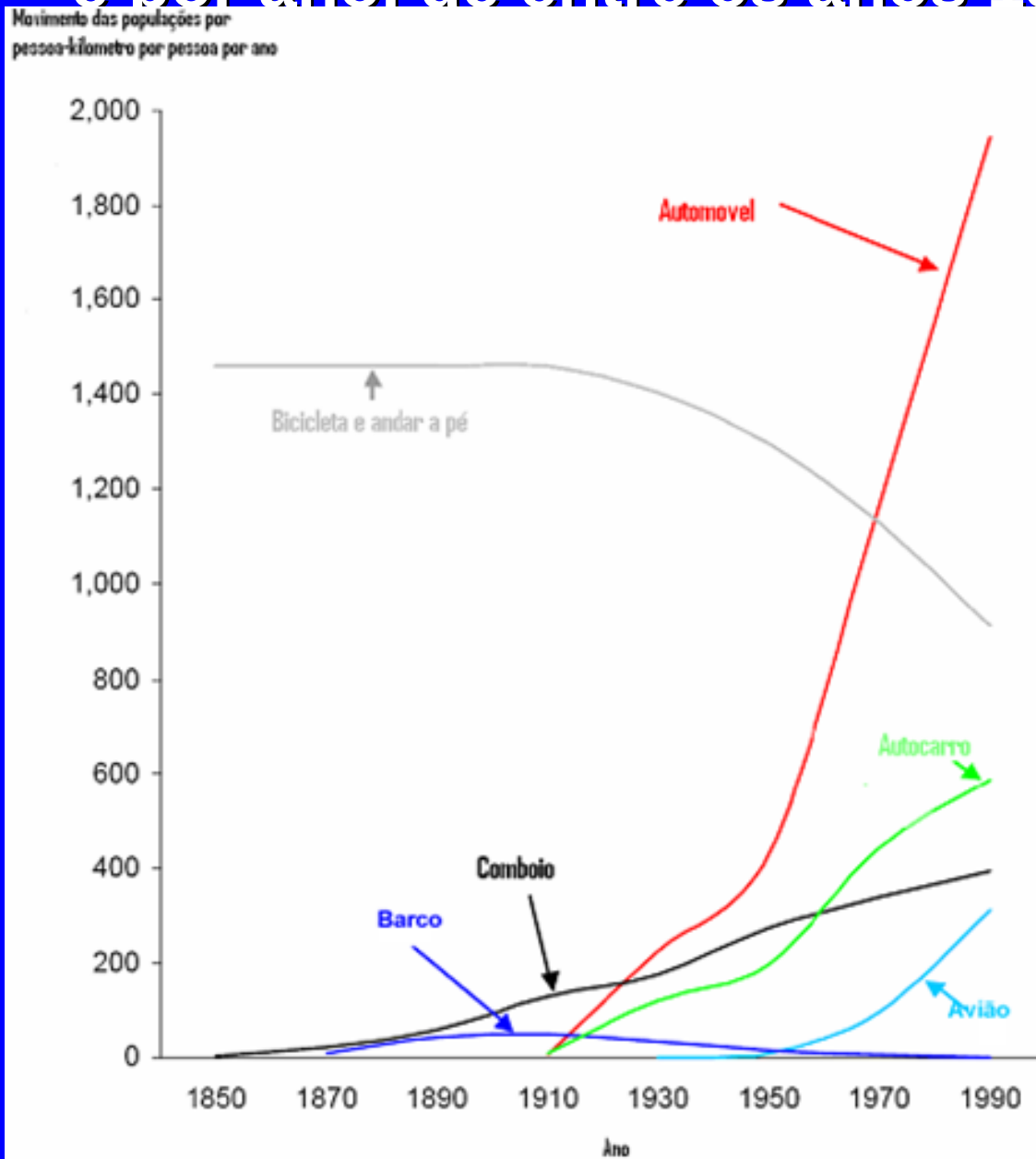
- 60.000.000
- 20 hours
- 27.702 GW



Célula de Combustível numa Casa (Japão)



Padrão de mobilidade em Pessoa-km, por pessoa e por ano, de entre os anos 1850 e 1990



Estratégias de lançamento de veículos a H2

Examples of Introduction Strategies of Car Manufacturers for Hydrogen Propelled Vehicles



BMW Group:	ICE small series by 2006/2007 (> 100 and < 10,000), mass production by 2010
DaimlerChrysler:	small FCV series by 2003/2004, mass manufacturing from 2010
Ford Motor Corp.:	FCV series manufacturing (50,000 units/ yr) from 2010 (small FCV fleet in Europe by 2004) ICE car fleet operation from 2004, series production possible thereafter
General Motors:	FCV mass manufacturing (50,000-100,000 units/yr) latest by 2010
Toyota Motor Corp.:	small FC series introduction by 2003, mass manufacturing by 2010

History of GM Fuel Cell Vehicles

1966



1966, GM "Electrovan"
LH₂ and LO₂ -Fuel Cell

1997

1998

1999

2000

2001

2002



Sintra Van



GM Precept FC



Chevrolet S-10 FC



FC Wagon
"Phoenix"
GM/China



Zafira Mini-Van



Zafira HydroGen1



Zafira HydroGen3



GM AUTONamy

Hydrogen FCEV - LH2, CGH2
Hydrogen FCEV - MH

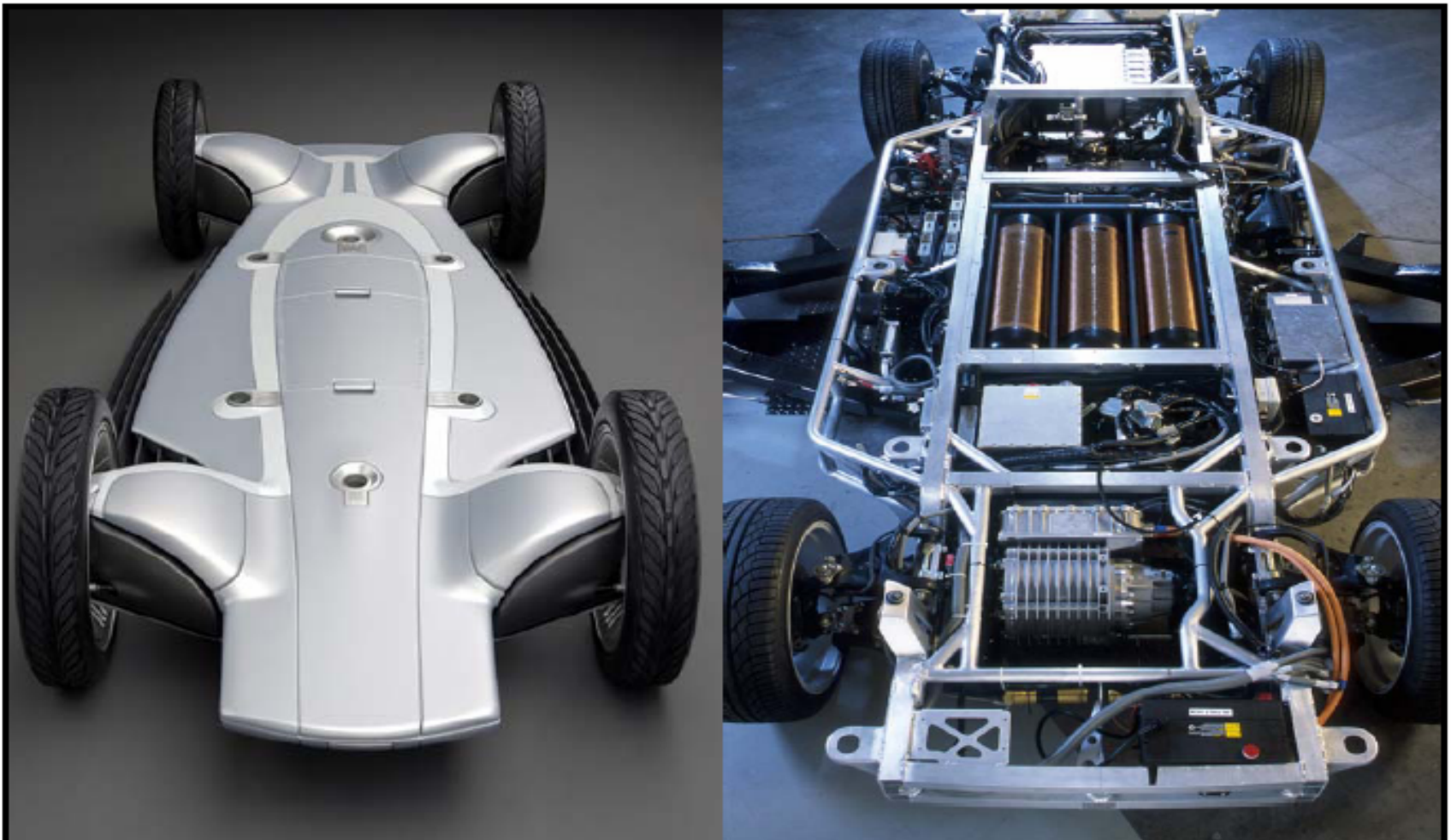
Methanol FCEV - MeOH
Gasoline FCEV - Gasoline



Hy-Wire



Protótipo GM

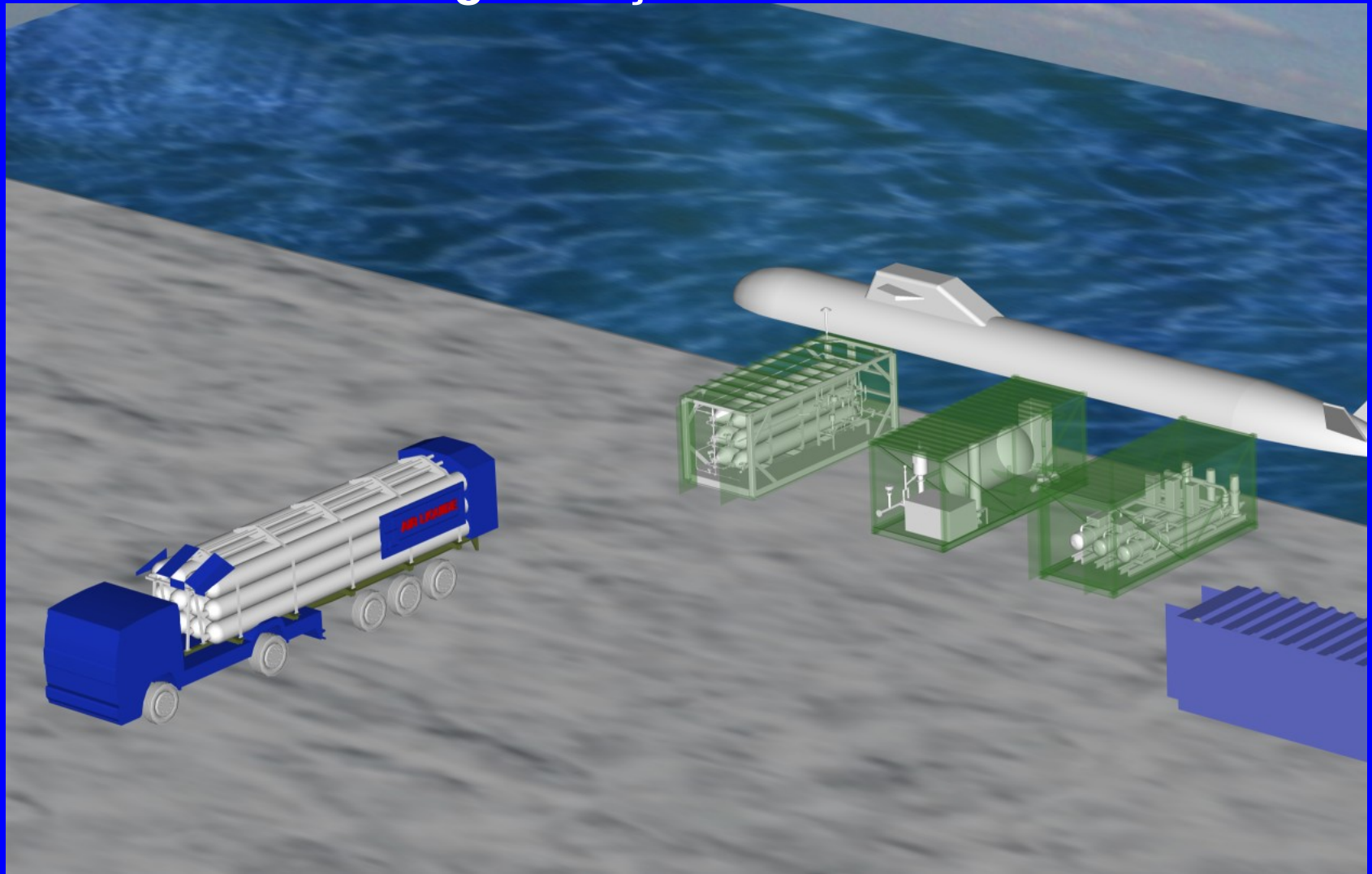


Autocarro com tracção eléctrica na cidade do Porto, com células de combustível alimentadas a hidrogénio



Aplicação em Veículos submarinos

-Autonomia e segurança

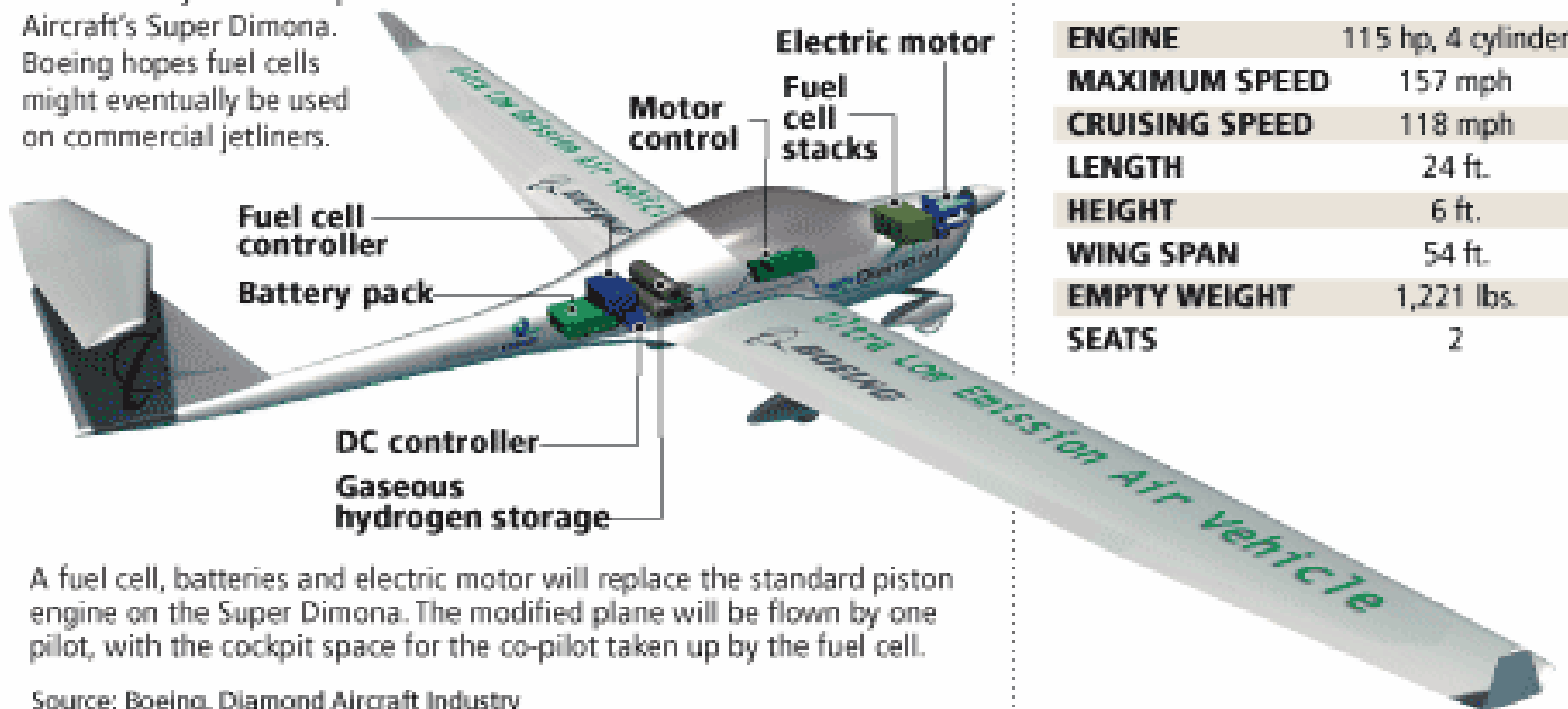


Aplicação em Aviões

-Redução drástica de emissões e de ruído

BOEING'S LOW-EMISSION ELECTRIC PLANE

Boeing plans to test its first fuel-cell powered electric airplane by late 2004 or early 2005. The plane will be a modified version of Diamond Aircraft's Super Dimona. Boeing hopes fuel cells might eventually be used on commercial jetliners.



Plane specifications

For the HK36 Super Dimona

ENGINE	115 hp, 4 cylinder
MAXIMUM SPEED	157 mph
CRUISING SPEED	118 mph
LENGTH	24 ft.
HEIGHT	6 ft.
WING SPAN	54 ft.
EMPTY WEIGHT	1,221 lbs.
SEATS	2

A fuel cell, batteries and electric motor will replace the standard piston engine on the Super Dimona. The modified plane will be flown by one pilot, with the cockpit space for the co-pilot taken up by the fuel cell.

Source: Boeing, Diamond Aircraft Industry