



“Estudo de viabilidade técnico-econômica de aplicações estacionária de célula a combustível no Brasil”

Hidrogênio e o Futuro Energético Sustentável do Estado do Ceará
15-16 março de 2011

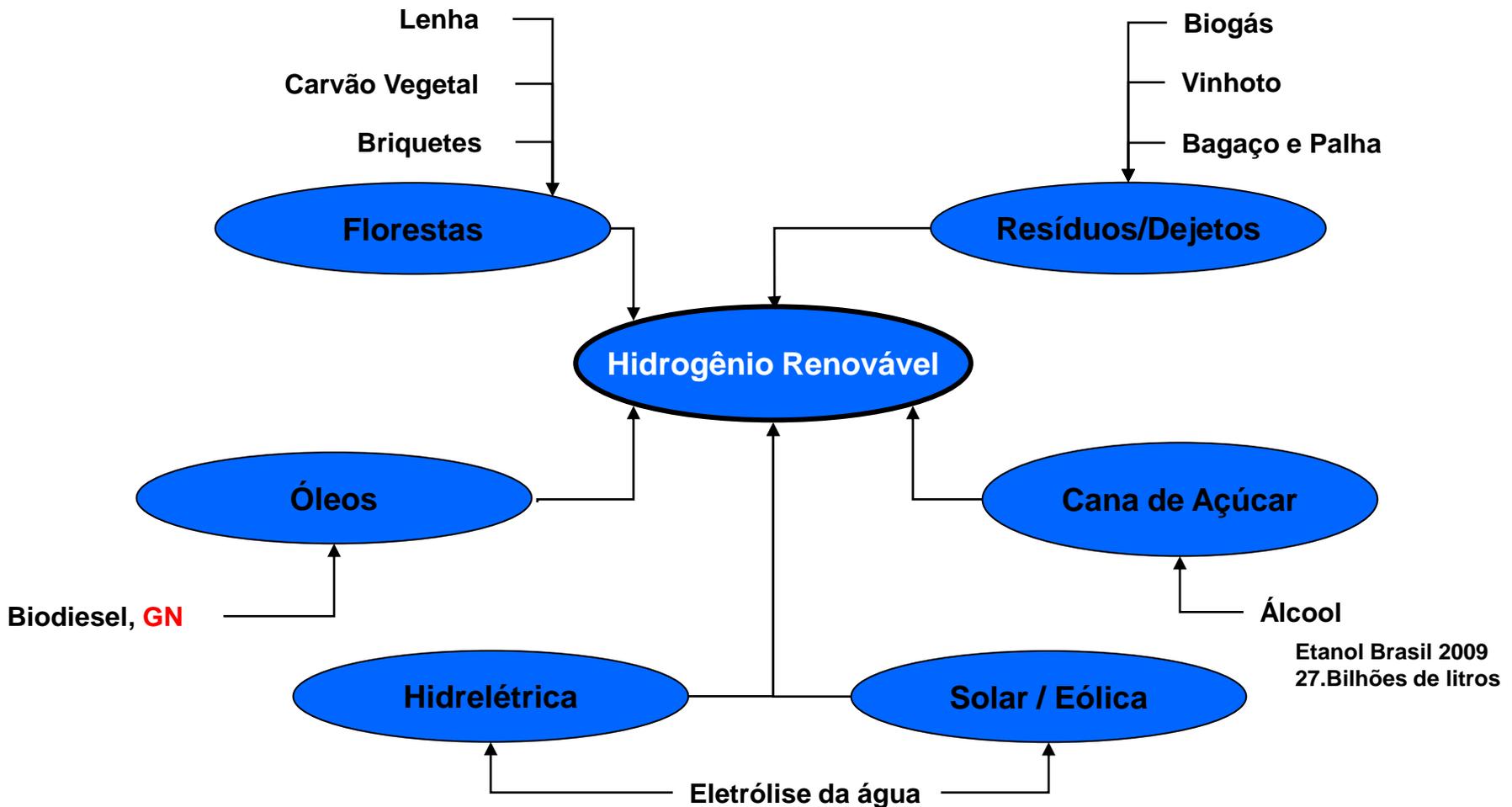
Gerhard Ett

Diretor Electrocell

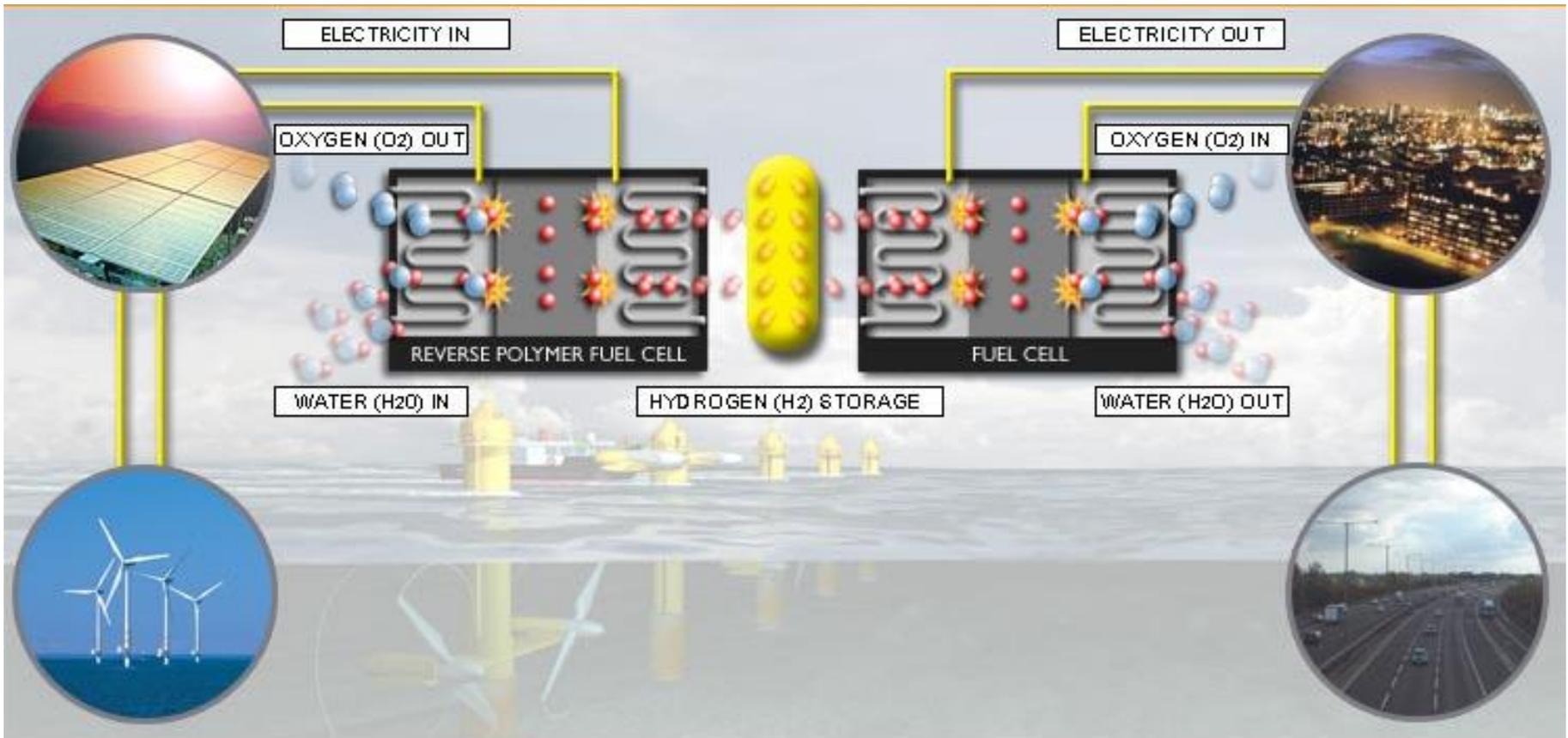
Coordenador ABNT - CB67 - Tecnologia do Hidrogênio e Células a combustível

Fontes para Geração de Hidrogênio - HOJE

- Opções de Energia Renovável e **não** e suas matérias primas



Fonte primária do Combustível



Fonte: DOE

Álcoolduto multimodal

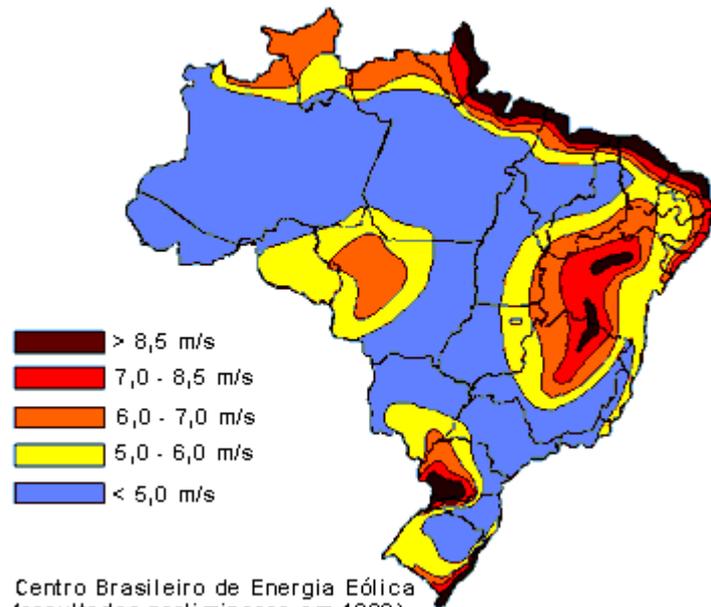


BRASIL

H₂

Potencial eólico

Mapa de ventos do Brasil

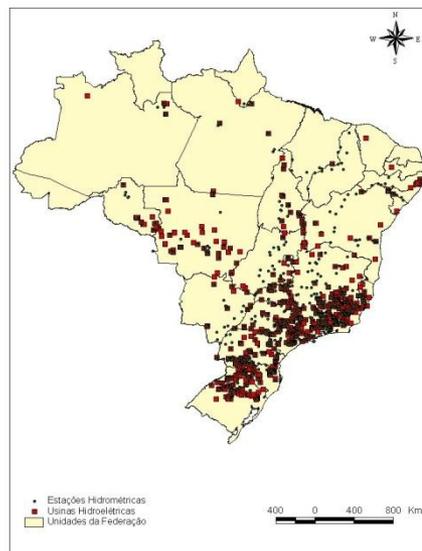


Centro Brasileiro de Energia Eólica (resultados preliminares em 1998)

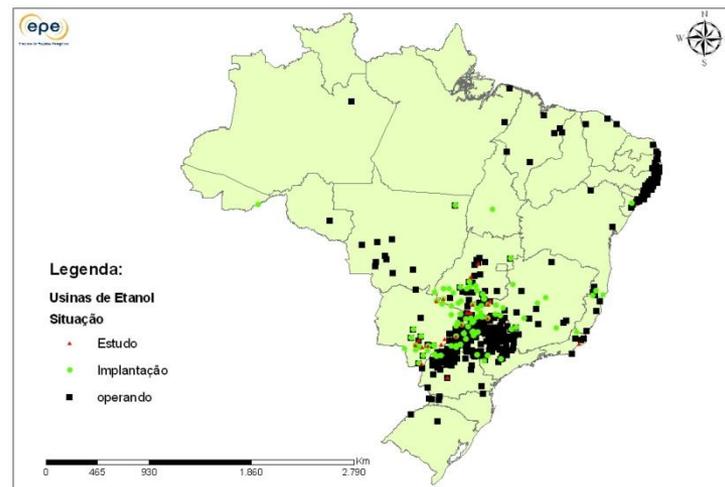
Gasoduto GN



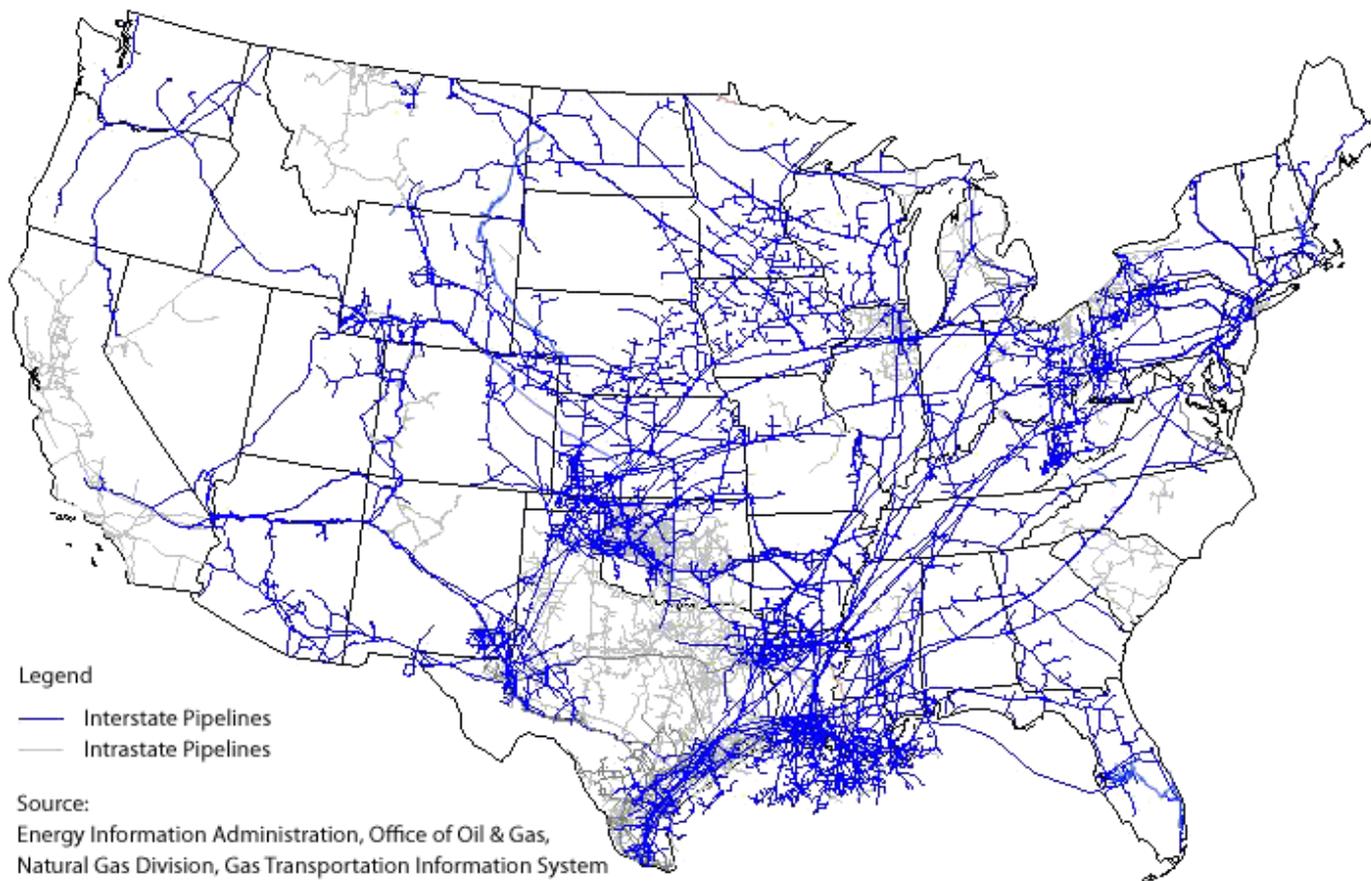
Hidroelétricas



Produção de etanol

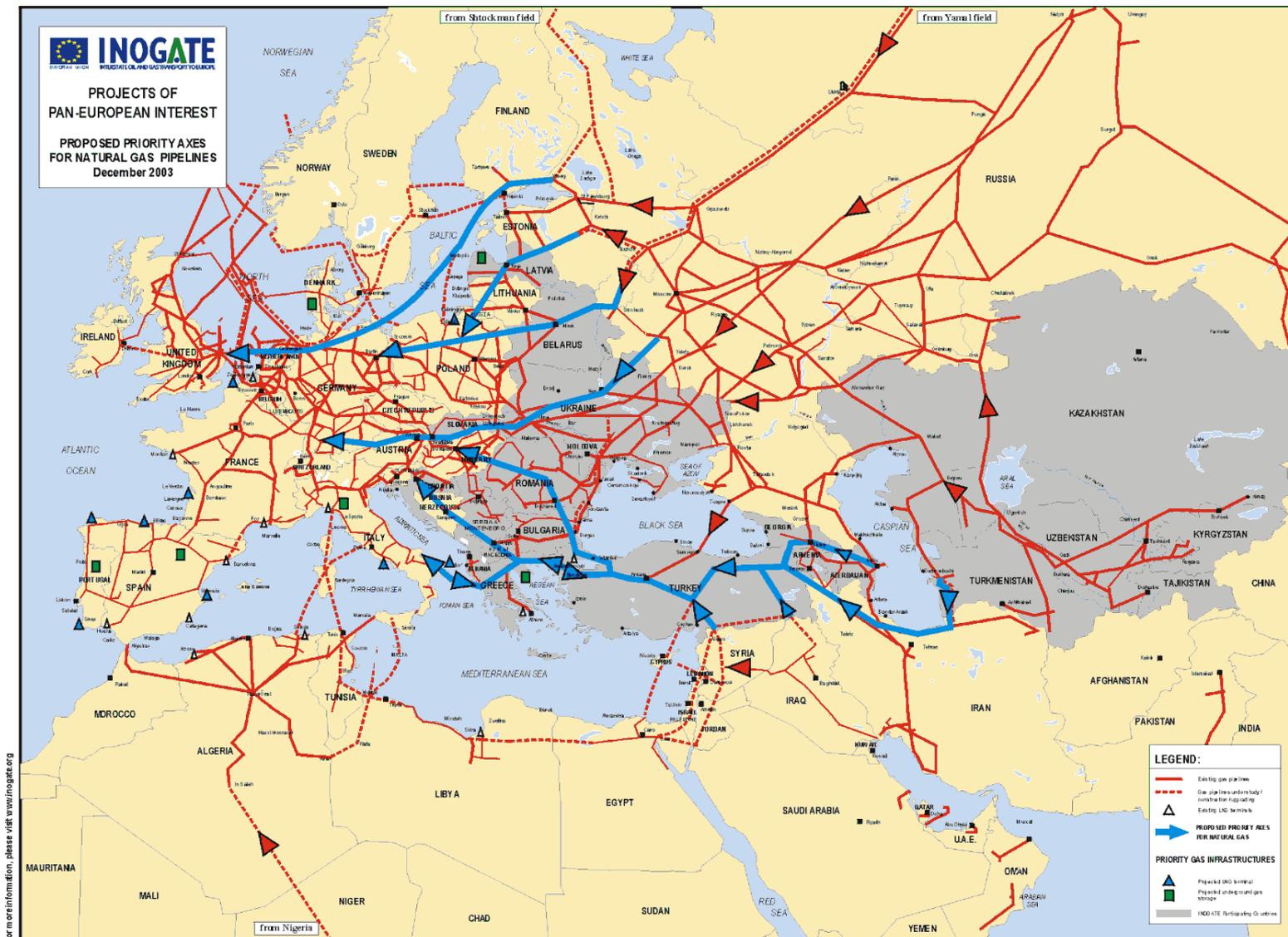


NATURAL GAS PIPELINE – USA



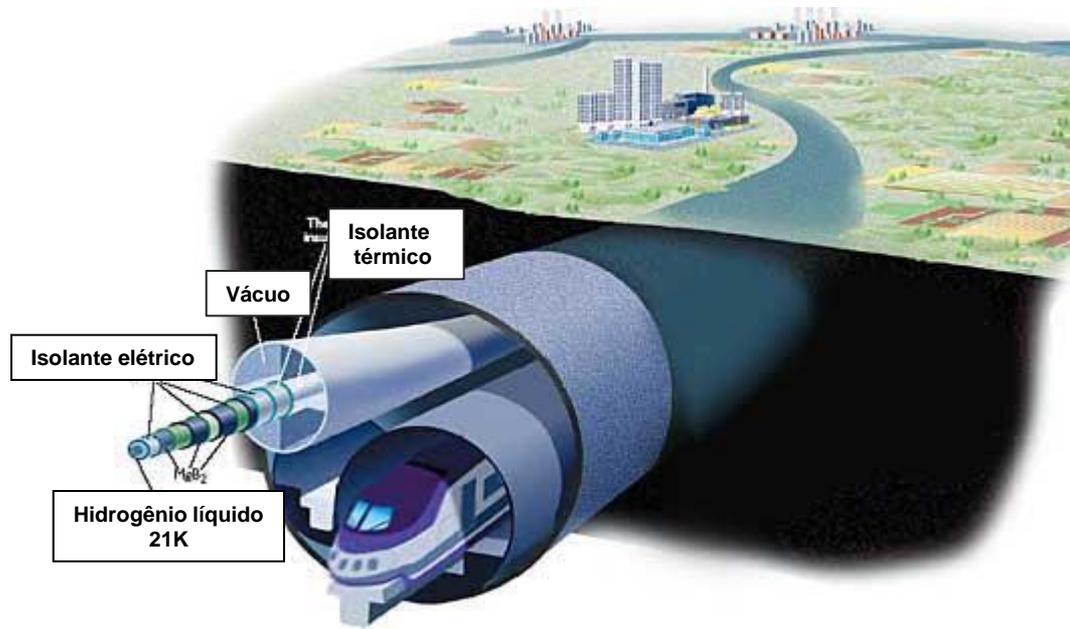
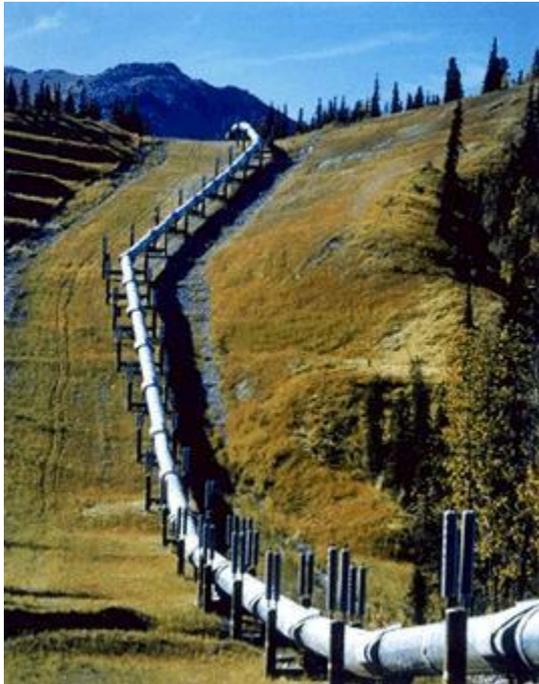
http://www.afdc.energy.gov/afdc/fuels/natural_gas_distribution.html

NATURAL GAS PIPELINE – EUROPE (Projeto Inogate)



This publication is produced with the assistance of the European Union. The contents of this publication are the sole responsibility of the contractor, EIRI/Hill/G&F Int, and can in no way be taken to reflect the views of the European Union.

Tendências?



Hidrogênio

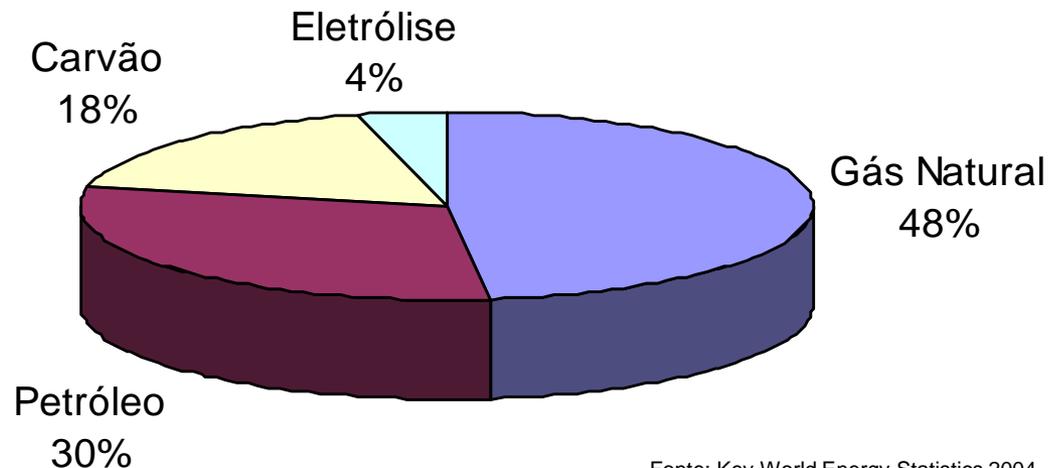
- 1Kg de H₂ tem aprox. a mesma energia que: 3,5L de petróleo, 2,1Kg gás natural, 2,8Kg de gasolina
- Incolor, inodora, densidade 0,0899g/L (14 vezes mais leve que o ar)
- Elemento mais abundante do universo (75%) - (NREL)
- Terceiro elemento mais abundante na Terra
- 30% da massa do Sol
- Combustão do H₂ - gera 28.890kcal/kg

Combustível	(MJ/kg, 25°C)	fator
Hidrogênio*	141.90	1.00
Gasolina	47.27	0.33
Gas Natural	47.21	0.33
Metano	55.55	0.39
Metanol	22.69	0.16
Etanol	29.70	0.21
Querosene	46.00	0.32
Carvão	31.38	0.22
Madeira	17.12	0.12

Fontes para Geração de Hidrogênio

- Como o hidrogênio é gerado no mundo atualmente:

Total 500 bilhões de M3/ano



Fonte: Key World Energy Statistics 2004

Antes de normalizar é imprescindível conhecer o mercado e a tecnologia

Produção de hidrogênio

- Eletrólise da água:

1. Eletrólise convencional (eletrolisadores)
2. Eletrólise avançada (eletrodos e membranas especiais)

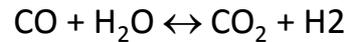
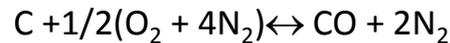
- Na Califórnia existem postos de hidrogênio operados pela Honda e Toyota que produzem H₂ via células foto-voltaicas.

TC 197/WG 8

Hydrogen generators using water electrolysis process

- Gaseificação de combustíveis fósseis e biomassa

A gaseificação do carvão



- Reforma-vapor de hidrocarbonetos leves
- Oxidação parcial de hidrocarbonetos pesados
- Reforma-vapor do etanol e do gás natural



obs: 1MW_e consome: 200m³/h GN



obs: 1MW_e consome: 350L/h etanol

TC 197/WG 9

Hydrogen generators using fuel processing technologies

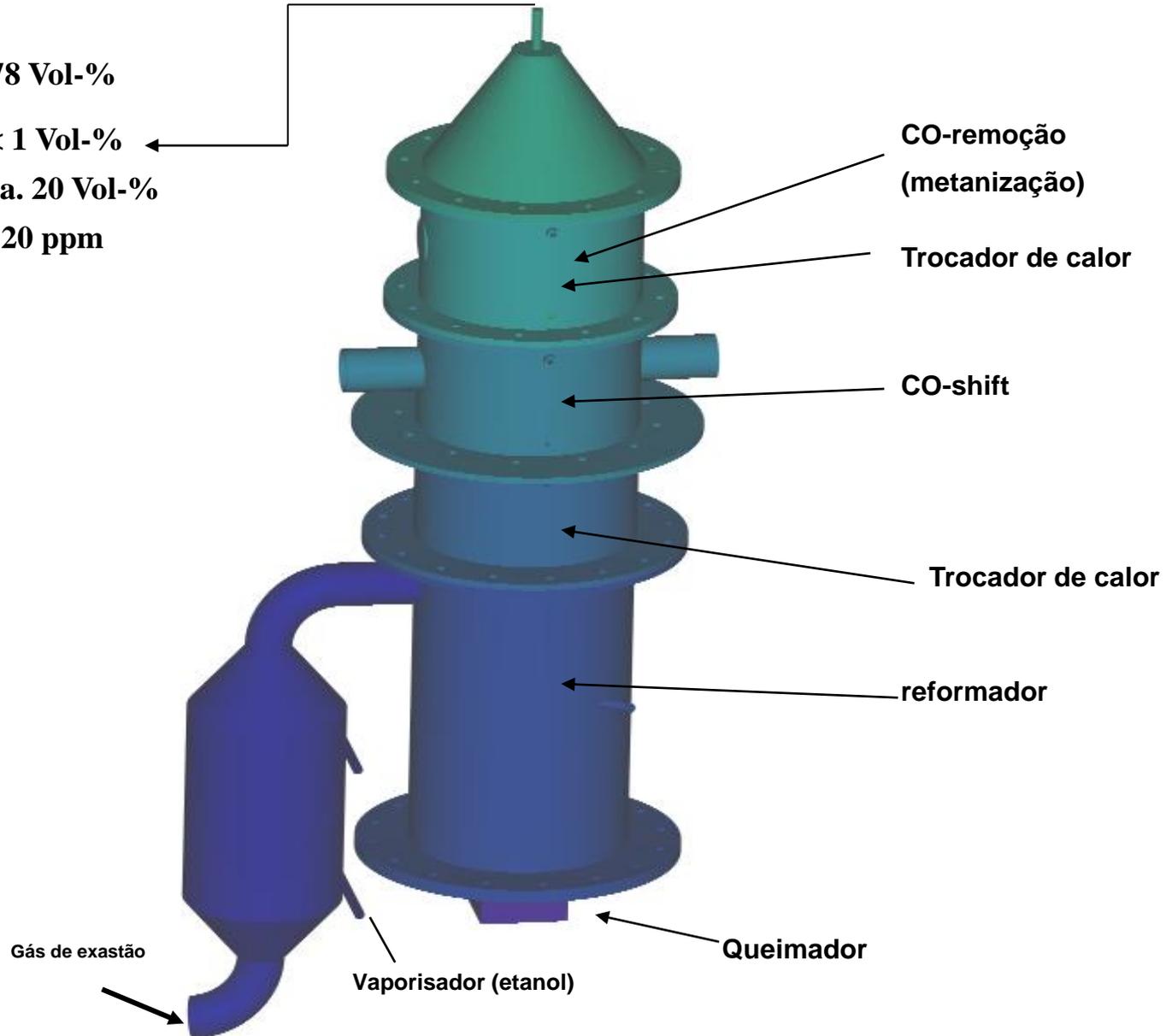
Reformador Flex (GN, etanol) – tendências?

↓ H_2 : > 78 Vol-%

↓ CH_4 : < 1 Vol-%

↓ CO_2 : ca. 20 Vol-%

↓ CO: < 20 ppm



Desafios?

Inauguração do Posto de H2 em Berlim
24.05.2010





Posto de hidrogênio na Suécia – Stuart Energy



ISO - TC 197/WG 5 Gaseous hydrogen - Land vehicle filling connectors

Armazenamento de Hidrogênio

- Armazenamento como hidrogênio gasoso (cilindros) – Alta pressão 700bar
- Armazenamento como hidrogênio líquido
- Armazenamento como compostos intermetálicos
 - Hidretos metálicos
- Nanotubos de carbono



Cilindro de alumínio revestido com fibra de carbono e resina

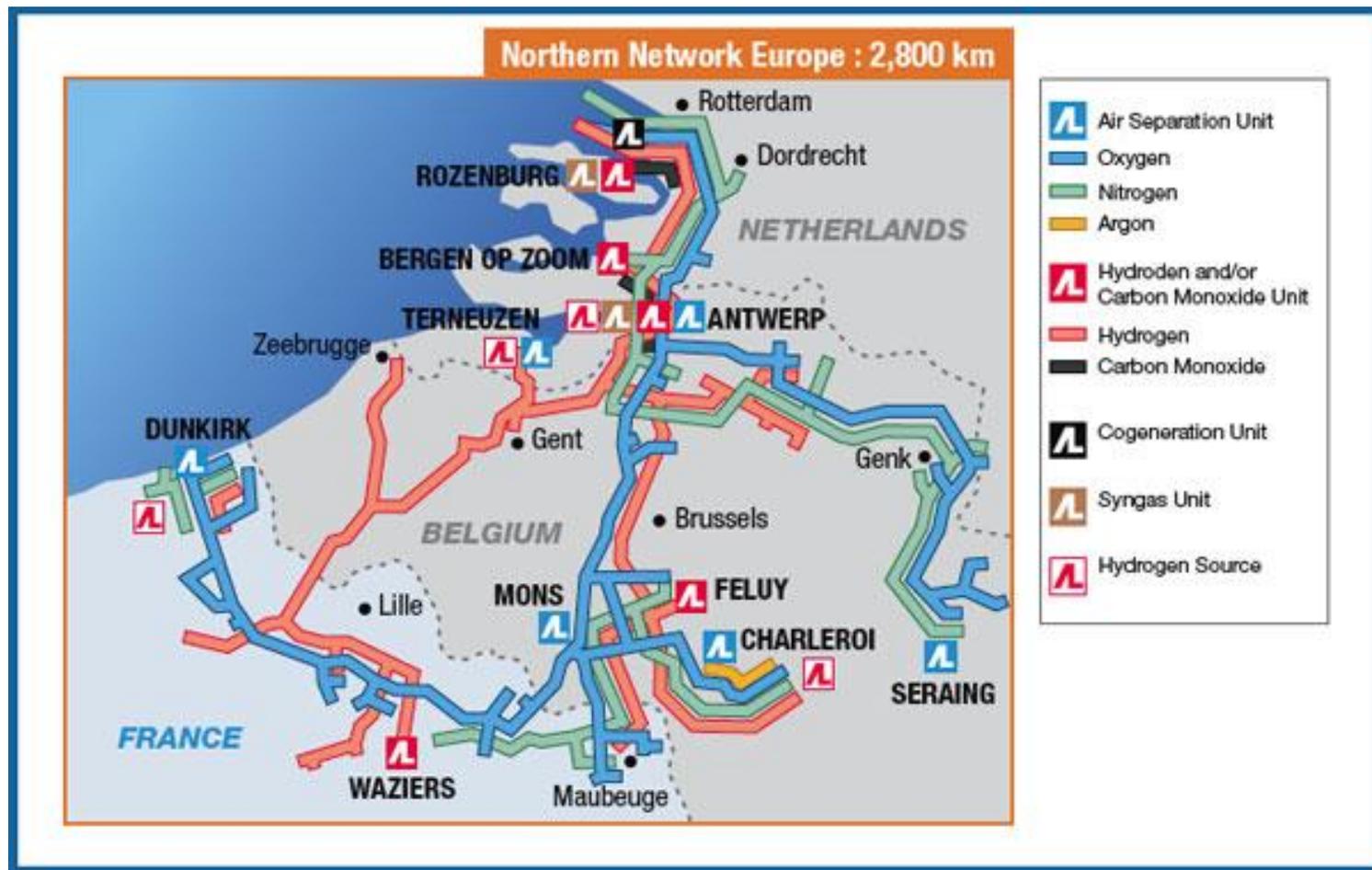
Hydrogen Pipeline - USA

Gulf coast & Mississippi river
Pipeline networks
(+ 2700 km pipelines)



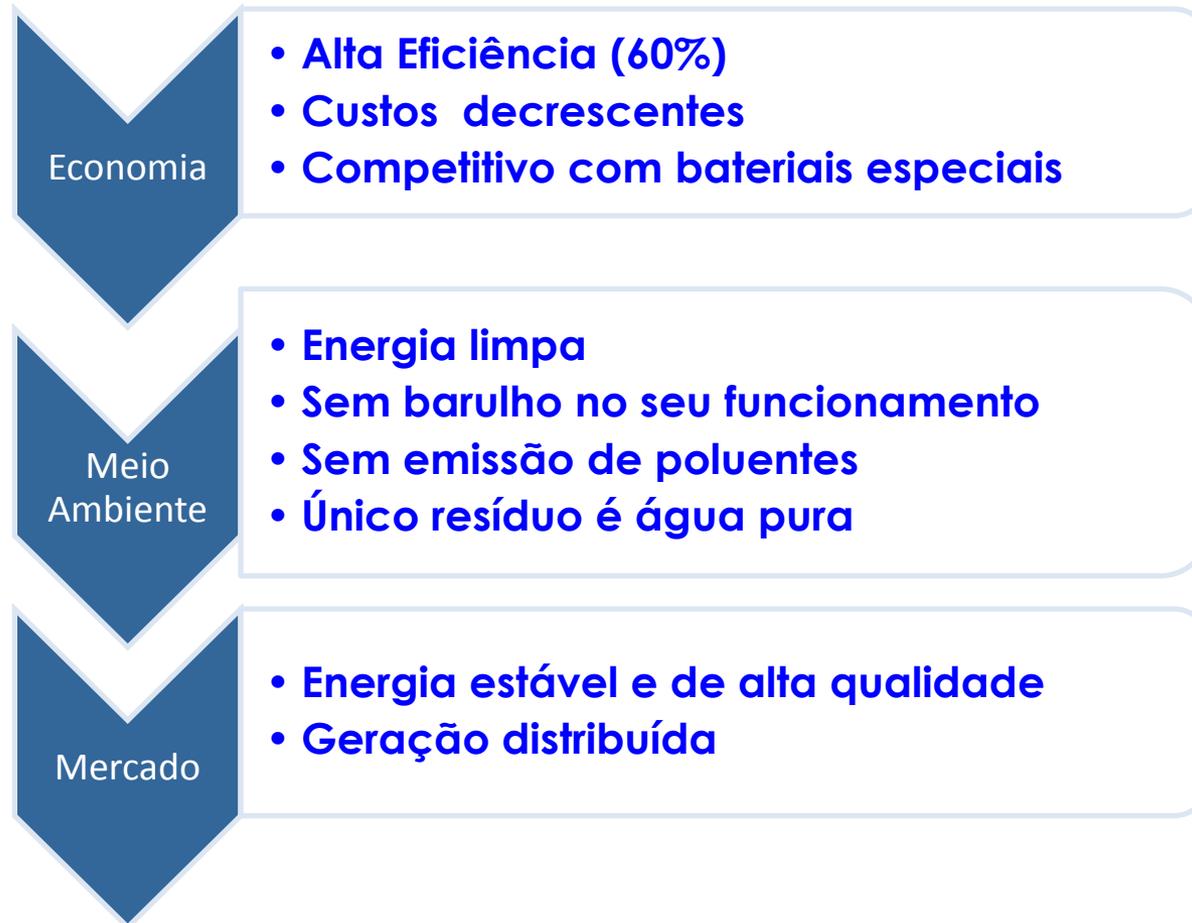
<http://www.airliquide.com/en/our-offer/products/pipelines.html>

Hydrogen Pipeline - Belgica



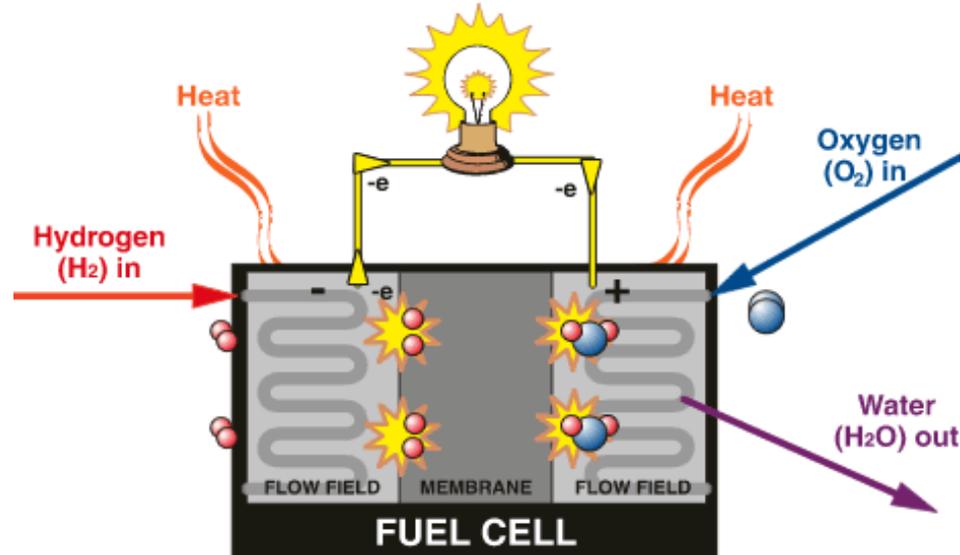
<http://www.air-liquideuk.co.uk/hydrogen/air-liquide-group/key-figures.html>

Células a Combustível - Tecnologia do hidrogênio



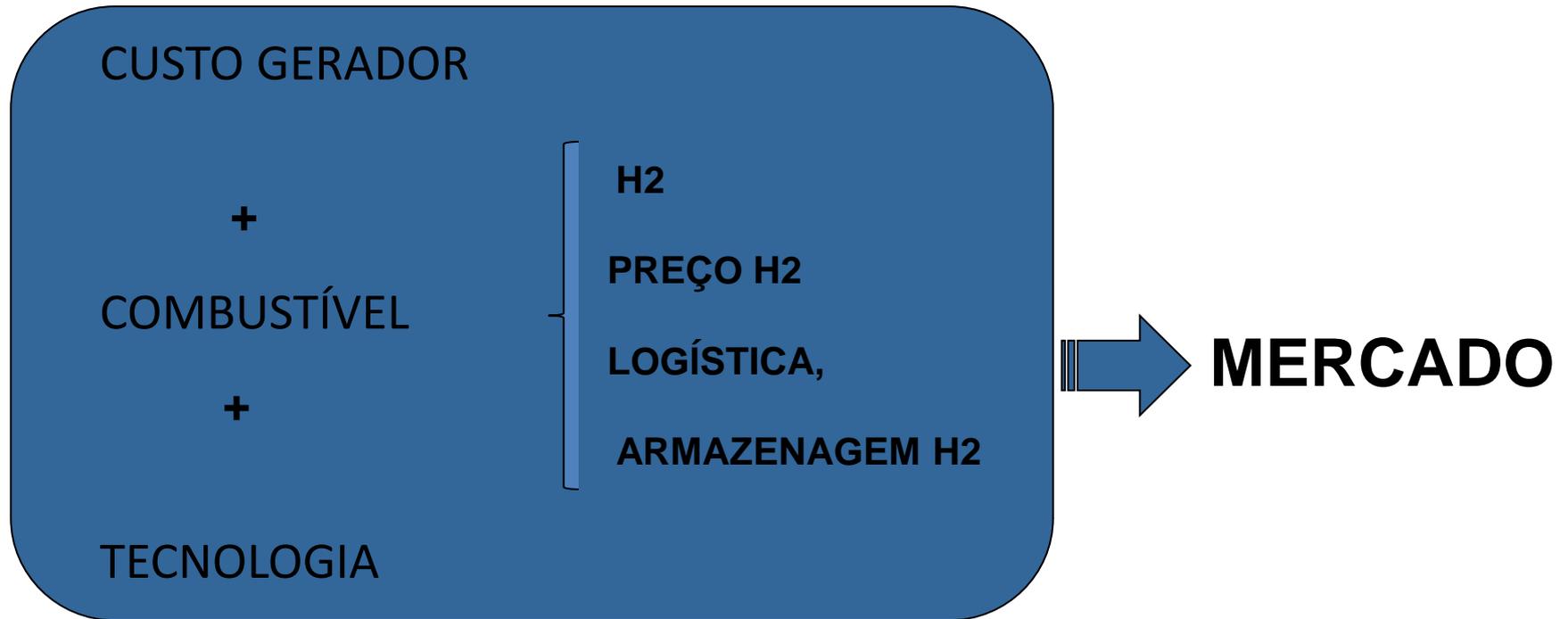
CÉLULAS A COMBUSTÍVEL

São geradores eletroquímicos de eletricidade



“Convertem energia química em energia elétrica através das reações de oxidação do combustível (hidrogênio) e redução do comburente (oxigênio) promovidas pelo catalisador.”

Mercado



Projeções de Mercado

**Previsão de mercado mundial da Indústria
de Células a Combustível:**

Em 2021 - superior a US\$ 2 tri

Fonte: DTI 2004 Japan Report



Tecnologia brasileira

5-80kW Célula a Combustível Estacionária

IEC - WG 4 - Performance of Fuel Cell Power Systems

Cliente: CEPEL



Cliente: Eletropaulo



Ecogem 50kW





Ônibus a Hidrogênio - COPPE – RJ

- Ônibus de propulsão híbrida (bateria + Célula) com freio regenerativo
- Lançamento: Junho de 2010
- Responsabilidades Electrocell: Engenharia do sistema de Célula a Combustível



Unidades de 1MW

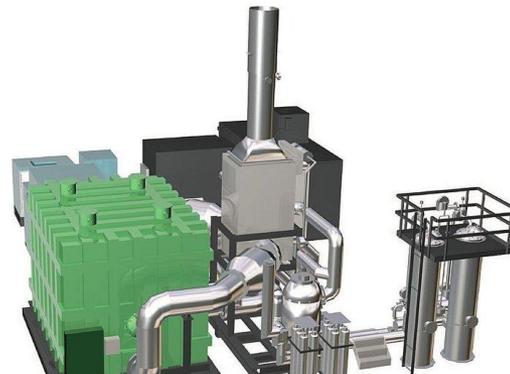


(Above) This tractor-trailer-sized generator from Ballard produces 1 MW of additional power using hydrogen fuel cells. FirstEnergy Generation Corp., Ohio, U.S.A., is installing the unit to provide peak power in Eastlake, Ohio, for a five-year trial. (Right) The fuel cell system comprises nine modified bus fuel cell modules arranged in three banks of three.

Custo instalação: Aprox. 1000USD/kW
ELECTROCELL[®]
CÉLULAS A COMBUSTÍVEL



2,8MW a 4,6MW



Performance

Power Output

Power @ Plant Rating	2,800 kW
Standard Output AC Voltage	13,800 V
Standard Frequency	60 Hz
Optional Output AC Voltages	12,700, 4,160 V
Optional Output Frequency	50 Hz

Efficiency

LHV	47 +/- 2 %
-----	------------

Available Heat

Exhaust Temperature	700 +/- 50 °F
Exhaust Flow	36,600 lb/h
Allowable Backpressure	5 iwc
Heat Energy Available for Recovery (to 250°F)	4,433,000 Btu/h
(to 120°F)	7,460,000 Btu/h

Fuel Consumption

Natural gas (at 930 Btu/ft³)	362 scfm
Heat Rate, LHV	7,260 BTU/kWh

Water Consumption

Average	9 gpm
Peak during WTS backflush	30 gpm

Water Discharge

Average	4,5 gpm
Peak during WTS backflush	30 gpm

Pollutant Emissions

NOx	0,01 lb/MWh
SOx	0,0001 lb/MWh
PM10	0,00002 lb/MWh

Greenhouse Gas Emissions

CO ₂	980 lb/MWh
CO ₂ (with waste heat recovery)	520-680 lb/MWh

Sound Level

72 dB(A) at 10 feet

<http://www.fuelcellenergy.com>

Roadmap



Potential markets for Electrocell in Brazil

- **Back-up Energy for essential applications in the industry and service business**
- **Applications that need high quality energy**

1.000 Modern office buildings



43.961 - Mobile applications Antennas



5 to 10kW

263 Shoppings Centers



1.291 ISPs and Datacenters



2MW back-up

159 Banks



270.000 Mainframes

6.000 Hospitals and Chirurgic centers



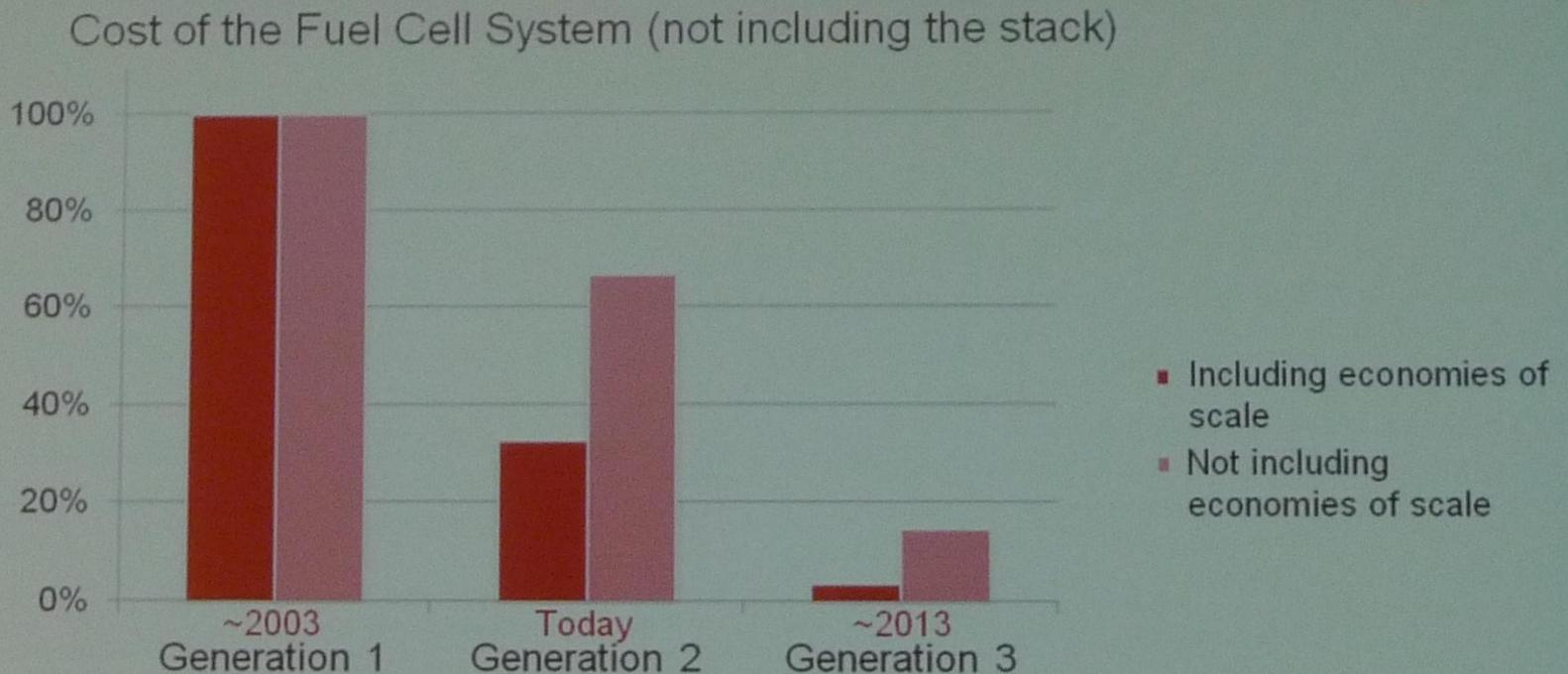


Plenária ISO e Congresso WHIC – 2010 / Essen

- Em todas as apresentações das plenárias do congresso, colocaram como prioridade a normalização
- Presentes 5 ministros de estado
- A Comunidade europeia colocou em regime de urgência a publicação de normas para hidrogênio e Célula a combustível



NIP



System cost reductions of more than 90% were achieved through integration of components, optimized manufacturing processes, use of new materials and technologies and economies of scale.

DOE Key Challenges

The DOE Program has been addressing the key challenges facing the widespread commercialization of fuel cells.

Technology Barriers*

Fuel Cell Cost & Durability
Targets*:
Stationary Systems: \$750 per kW, 40,000-hr durability
Vehicles: \$30 per kW, 5,000-hr durability

Hydrogen Cost
Target: \$2 – 3 /gge, delivered

Hydrogen Storage Capacity
Target: > 300-mile range for vehicles—without compromising interior space or performance

Technology Validation:
Technologies must be demonstrated under real-world conditions.

Economic & Institutional Barriers

- Safety, Codes & Standards Development
- Domestic Manufacturing & Supplier Base
- Public Awareness & Acceptance
- Hydrogen Supply & Delivery Infrastructure

Market Transformation

Assisting the growth of early markets will help to overcome many barriers, including achieving significant cost reductions through economies of scale.

*Metrics available/under development for various applications

EUA - Apresentação EUA na Plenária do ISO / Essen 2010

Fuel Cells for Stationary Power, Auxiliary Power, and Specialty Vehicles

The largest markets for fuel cells today are in stationary power, portable power, auxiliary power units, and forklifts.

~75,000 fuel cells have been shipped worldwide.

~24,000 fuel cells were shipped in 2009 (> 40% increase over 2008).

Fuel cells can be a cost-competitive option for critical-load facilities, backup power, and forklifts.



Production & Delivery of Hydrogen

In the U.S., there are currently:

~9 million metric tons
of H₂ produced annually
> **1200 miles** of
H₂ pipelines



Fuel Cells for Transportation

In the U.S., there are currently:

> 200 fuel cell vehicles

> 20 fuel cell buses

~ 60 fueling stations

Several manufacturers—including Toyota, Honda, Hyundai, Daimler, GM, and Proterra (buses)—have

announced plans to commercialize vehicles by 2015.



JAPÃO – Apresentação na Plenária do ISO / Essen 2010

◆ Introduction state of household fuel cells in Japan

- 3,000 fuel cell systems or more have operated in the large-scale field test project for four years.
- 5,500 fuel cell systems were sold in the general market on an industry-wide basis in FY2009.

◆ Panasonic's development state

- Achieved a power generation efficiency of 39% (LHV) and a total efficiency of 93% (LHV).
- A power generating duration of 40,000 hours and a durability of 4,000 start/stop operations have been ensured.

◆ Issues in full-fledged distribution

- Further cost reduction by research and development and economies of scale are required.

German National Innovation Program (NIP) Hydrogen and Fuel Cell Technology

NIP is supported by:



- **200 M€** funded by Fed. Ministry of Economics
- focus R&D
 - **500 M€** funded by Fed. Ministry of Transport, Building, Urban Affairs
- focus demonstration
 - **700 M€** industry contribution
-
- **1.400 M€** total budget
 - Duration: 2007-2016

NIP is a strategic alliance b/w German politics, industry and academia

Congresso Internacional de Hidrogênio - Alemanha / Essen – 24.05.10



NORMAS de HIDROGÊNIO e Células a Combustível em 2010

1. ABNT IEC/TS 62282-1:2009

Terminologia

2. ABNT ISO/TR 15916:2010

Considerações básicas para a segurança dos sistemas de hidrogênio

3. ABNT NBR ISO 14687-1:2010

Combustível de hidrogênio – Especificação do produto

Parte 1: Todas as aplicações, exceto células a combustível de membrana de troca de prótons (PEM) para veículos rodoviários automotores

4. ABNT NBR ISO 16110-1:2010

Geradores de hidrogênio que utilizam tecnologias de processamento de combustível

Parte 1: Segurança

5. ABNT NBR ISO 17268:2010

Dispositivos de conexão para reabastecimento de veículos terrestres com hidrogênio comprimido

6. ABNT NBR IEC 62282-2: 2010 (CONSULTA NACIONAL – 21.06.10)

Tecnologia de Célula a Combustível - Parte 2

Previsão - elaboração 5 para 2010

Obrigado !

Dr. Gerhard Ett

Diretor – Electrocell

Coordenador ABNT/CEE-067 (Tecnologia de hidrogênio)

gerhard@electrocell.com.br

+55 (11) 3039-8322