

8 a 10 de junho de 2010

São José dos Campos - SP - Brasil



SEMINÁRIO - FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA NA AVIAÇÃO

REALIZAÇÃO



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**



APOIO INSTITUCIONAL



ANAC
Agência Nacional de Aviação Civil - Brasil

Sindicato Nacional das Empresas Aeroviárias
SNEA

PATROCÍNIO

**MAGNETI
MARELLI**



**SEMINÁRIO - FONTES RENOVÁVEIS
DE ENERGIA NA AVIAÇÃO**

São José dos Campos, 08 a 10 de Junho de 2010

***A Economia do Hidrogênio e as Células a Combustível:
Realidade ou Sonho?***

Marcelo Linardi



Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

(Energy and Nuclear Research Institute)

www.ipen.br

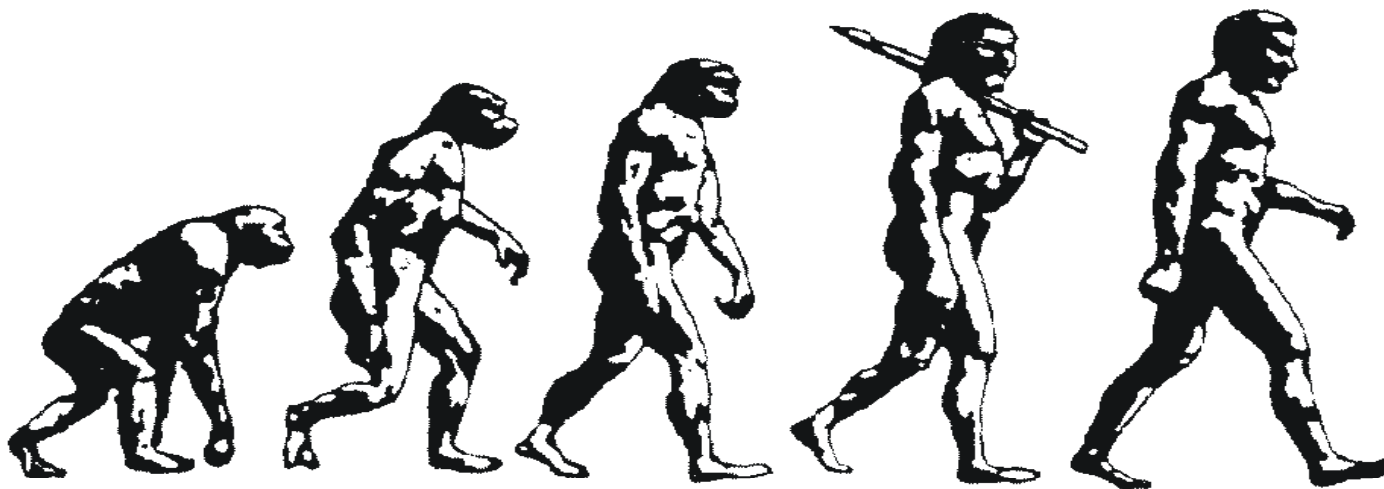




TÓPICOS

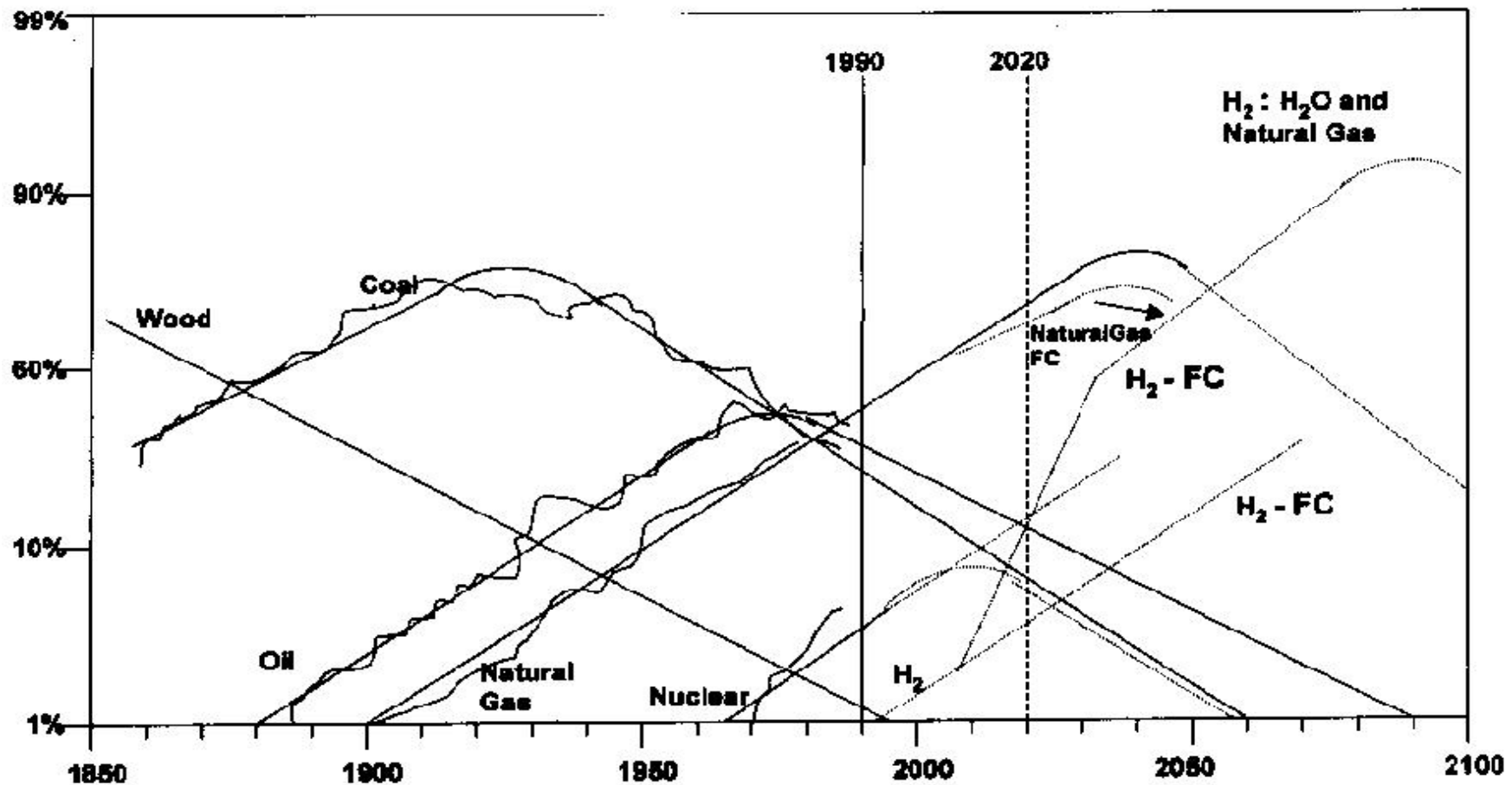
- 1 - A Economia do Hidrogênio
- 2 - A Matriz Energética Brasileira
- 3 - Etanol: Opção Estratégica p/o Brasil
- 4 - ProH₂: O Programa Brasileiro/
atuação do IPEN
- 5 - Perspectivas/ O Ônibus brasileiro

1 - A Economia do Hidrogênio



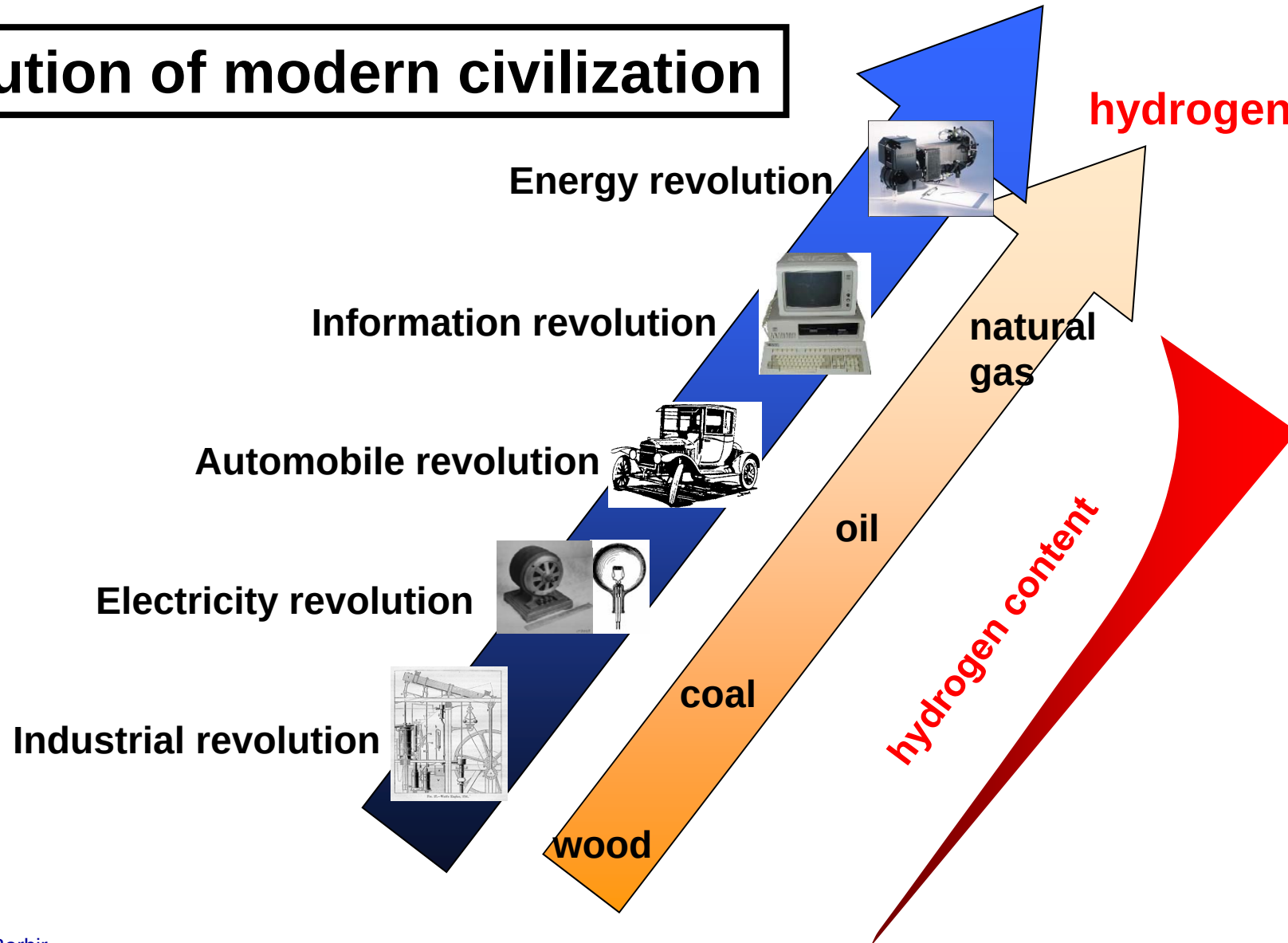


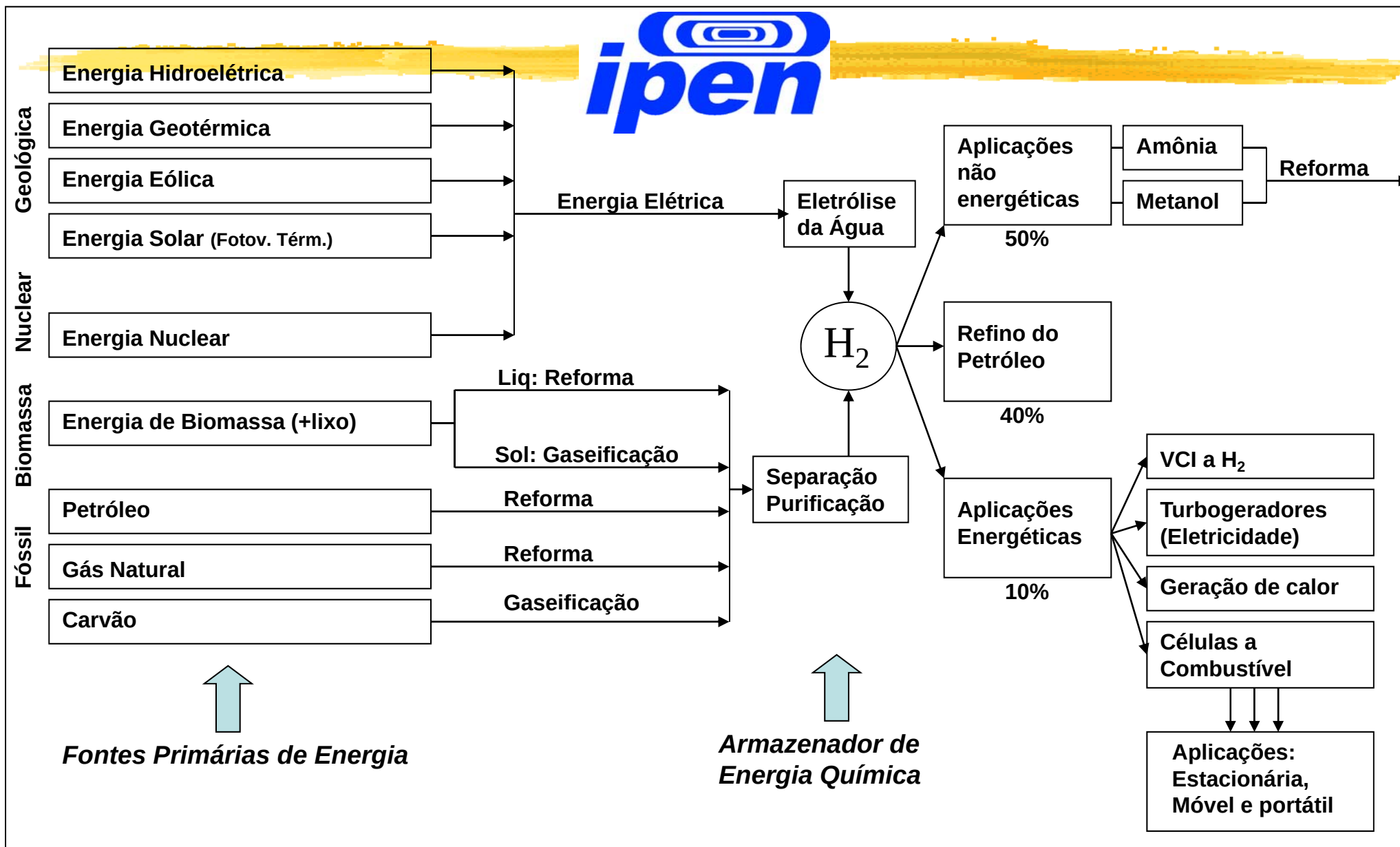
World Primary Energy Substitution



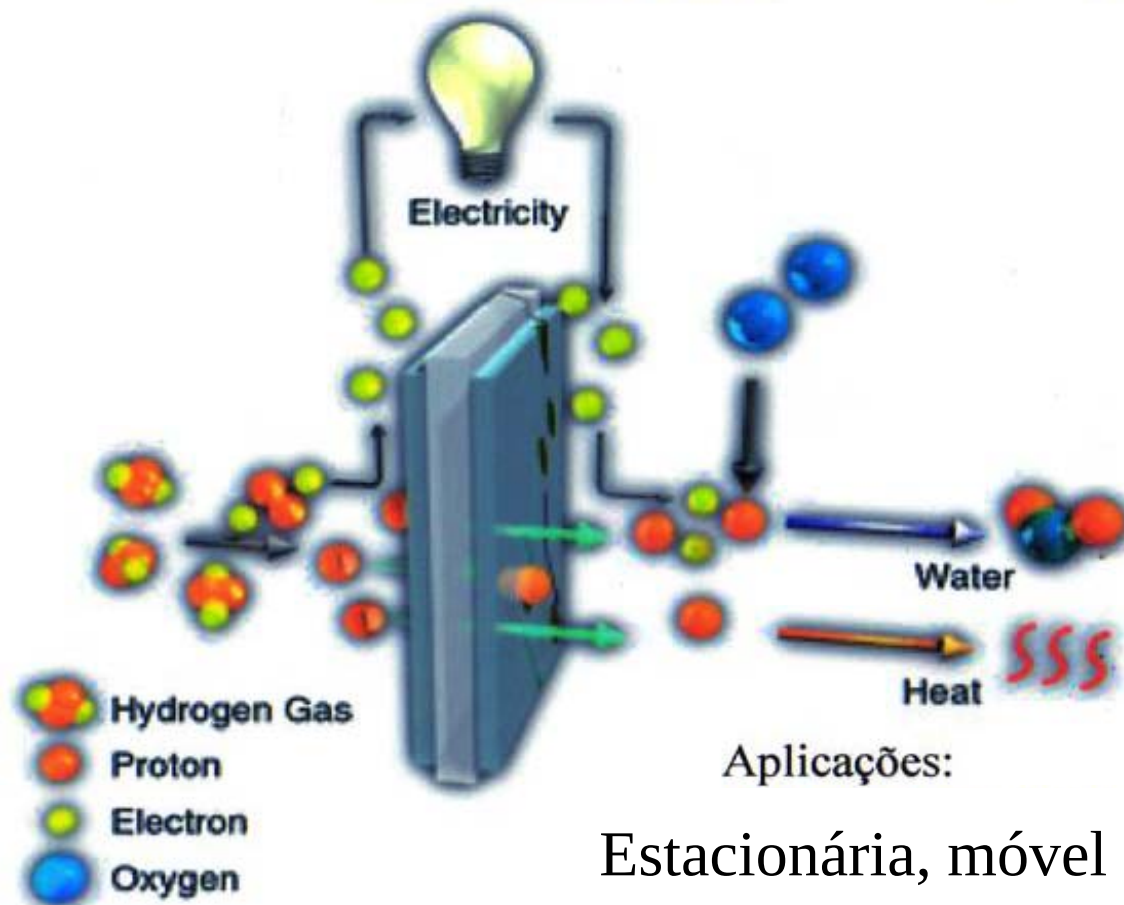
From: C. Marchetti and N. Nakicenovic. "The dynamics of energy systems and the logistic substitution model"
International Institute for Applied Systems Analysis, Austria.

Evolution of modern civilization





Esquema dos vários processos possíveis de obtenção de hidrogênio como armazenador de energia química e suas diversas aplicações.

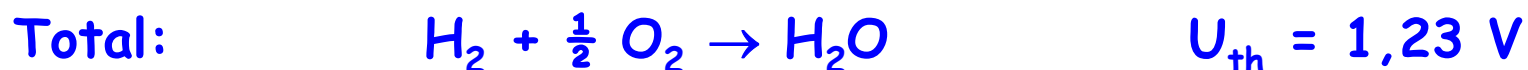
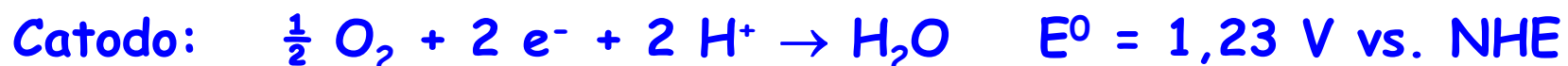


Aplicações:

Estacionária, móvel e portátil



- Reações envolvidas numa CC ácida, com H_2/O_2





• CC-Tipos	Sigla-Inglês	Temperaturas	Usos (<u>sublinhado</u> : aplicação principal)
Alcalina	AFC	80-200°C	<u>Veículos espaciais</u> (10 kW)
Eletrólito Polimérico	PEFC	80-100°C	<u>Estacionária</u> (200 kW); <u>carros</u> (70 kW)
Metanol Direto	DMFC	80-100°C	Ônibus; carros; <u>celulares</u> (100 kW)
Ácido Fosfórico	PAFC	200°C	<u>Estacionária</u> ; Aquecimento (100-500 kW)
Carbonato Fundido	MCFC	600°C	<u>Estacionária</u> ; Co-geração (500 kW- >1 MW)
Óxido Sólido	SOFC	800-1000°C	<u>Estacionária</u> ; Co-geração (kW - MW)

Móvel

DAIMLERCHRYSLER



GM

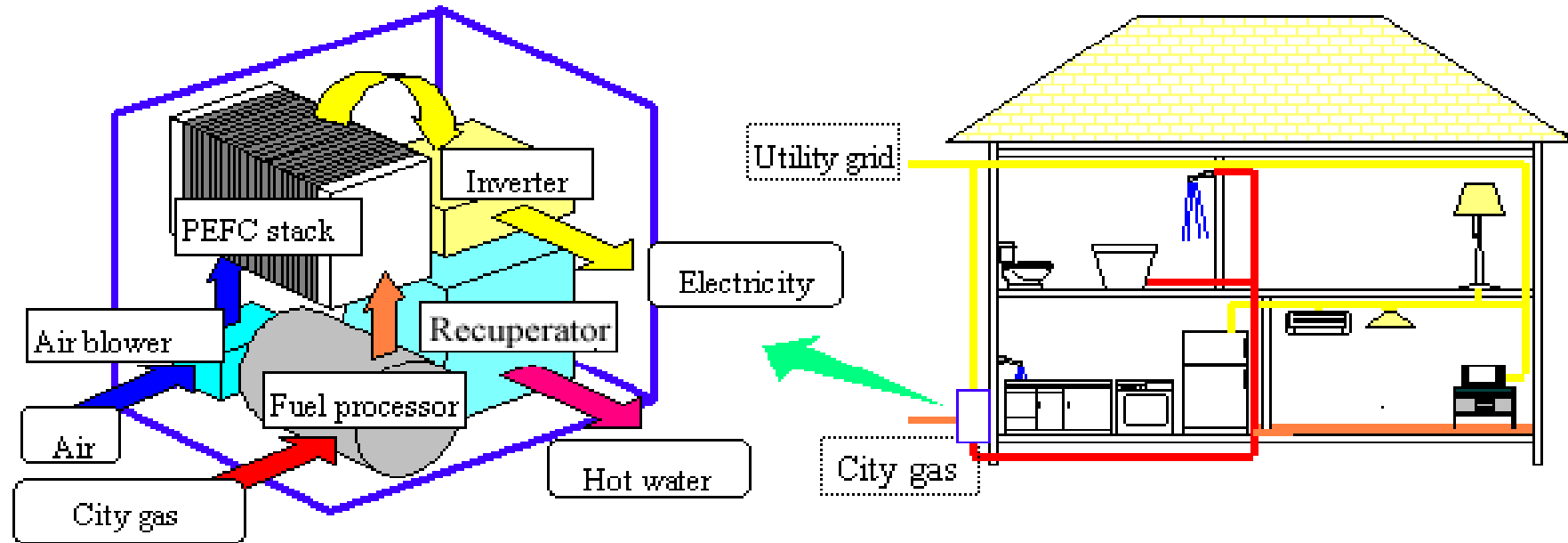




Portátil



Estacionária



Schematic configuration of residential PEFC cogeneration

Tokyo Gas image

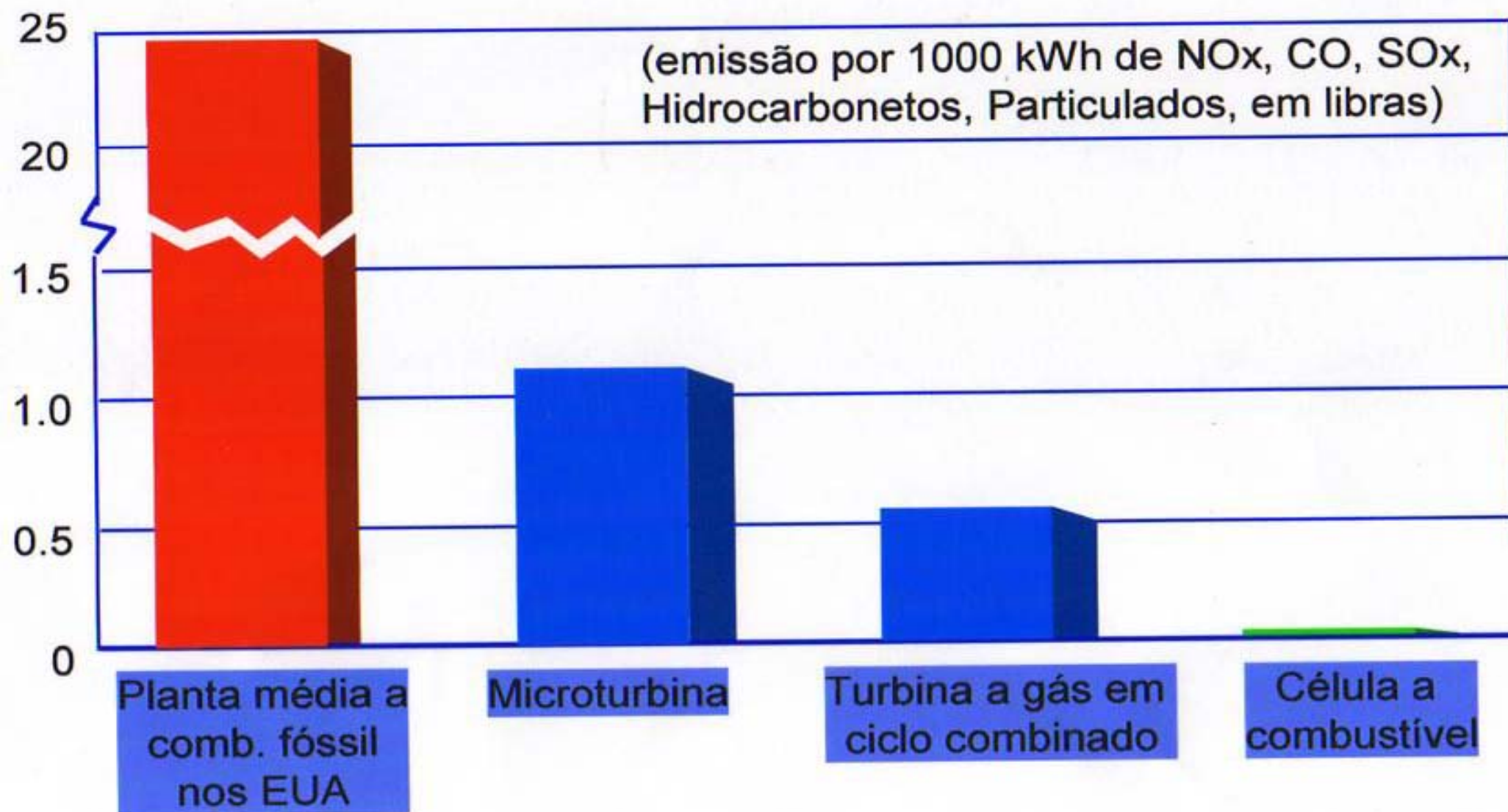




Nichos

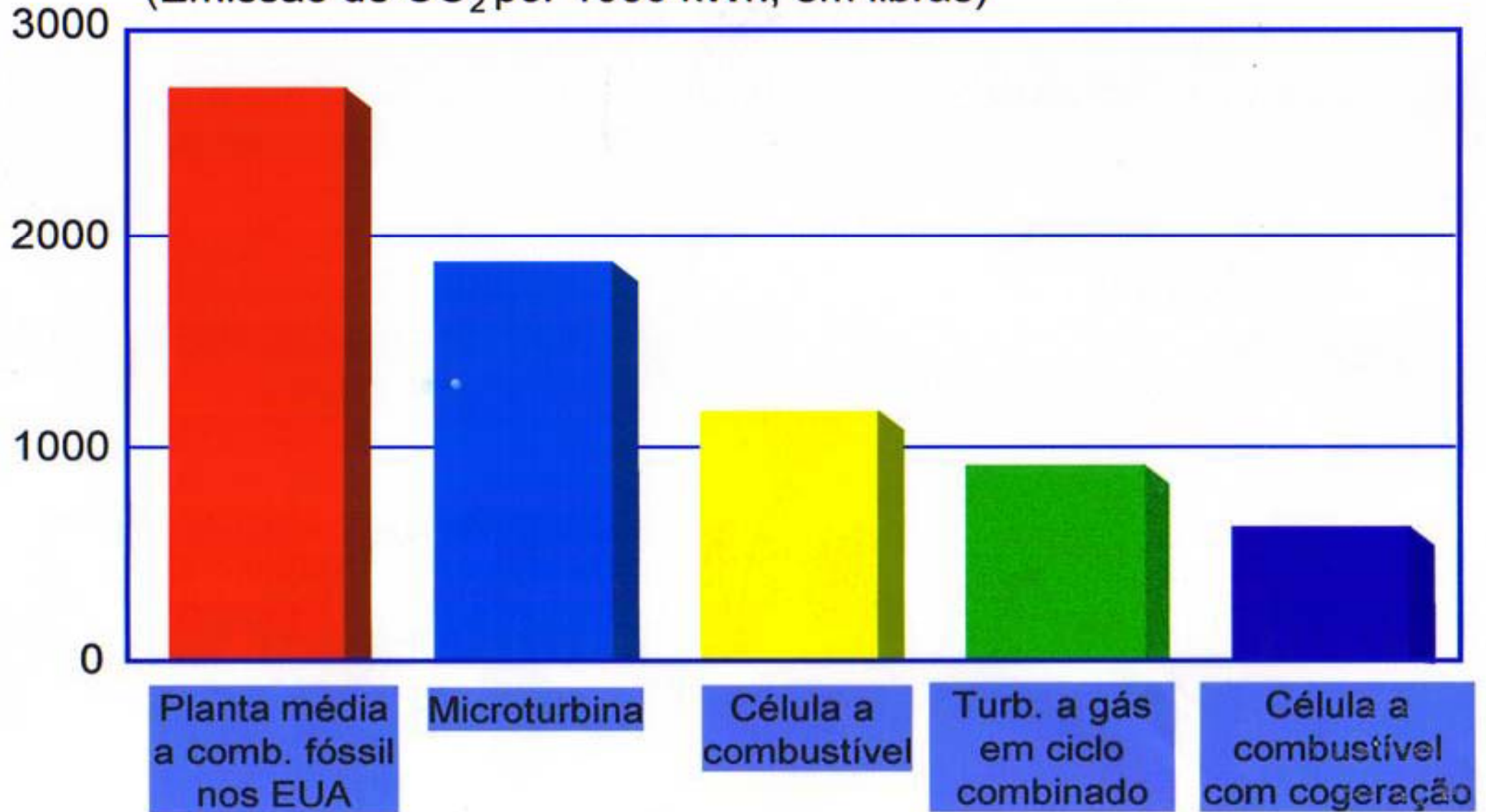


EMISSIONS DA PC25C / IFC



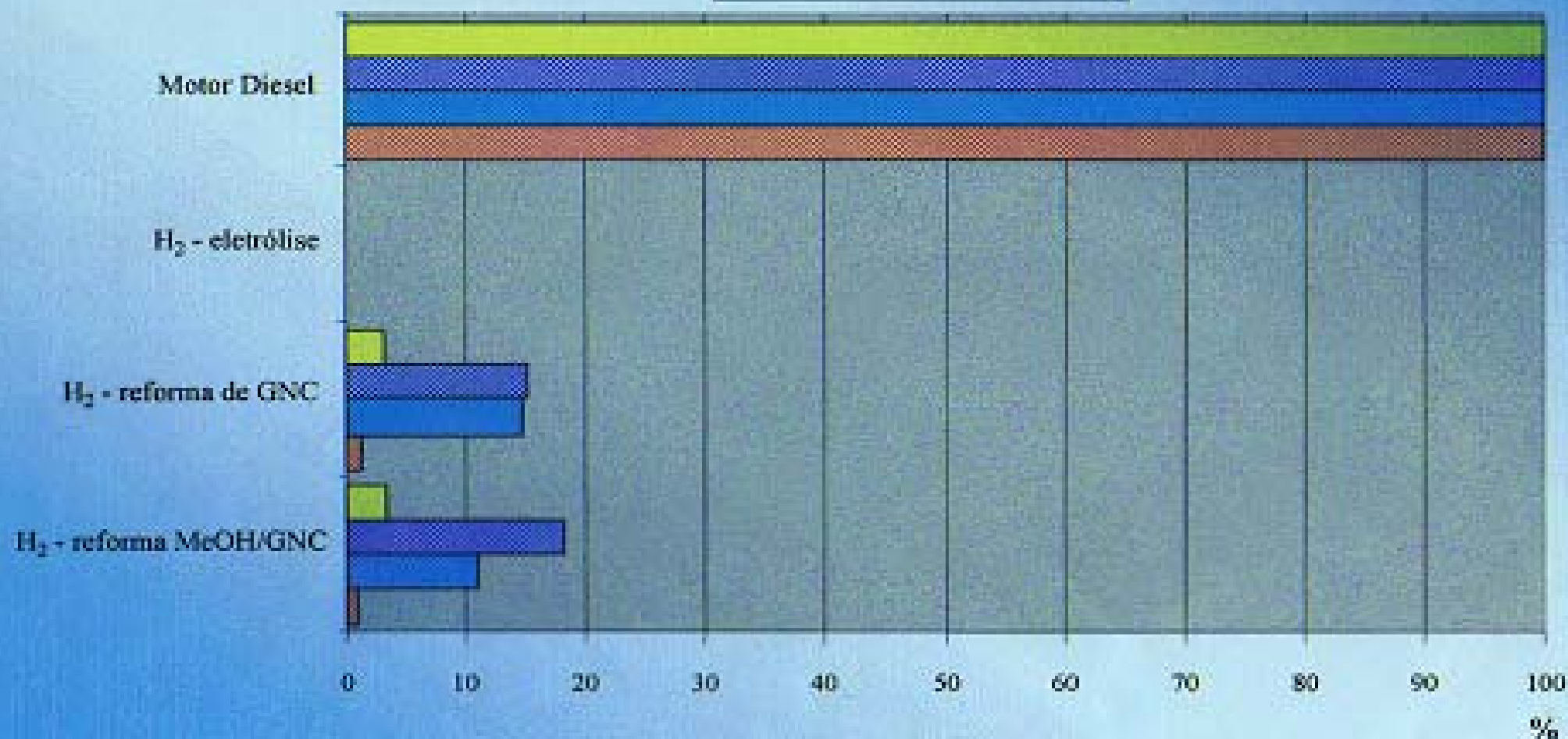
EMISSÕES DA PC25C / IFC

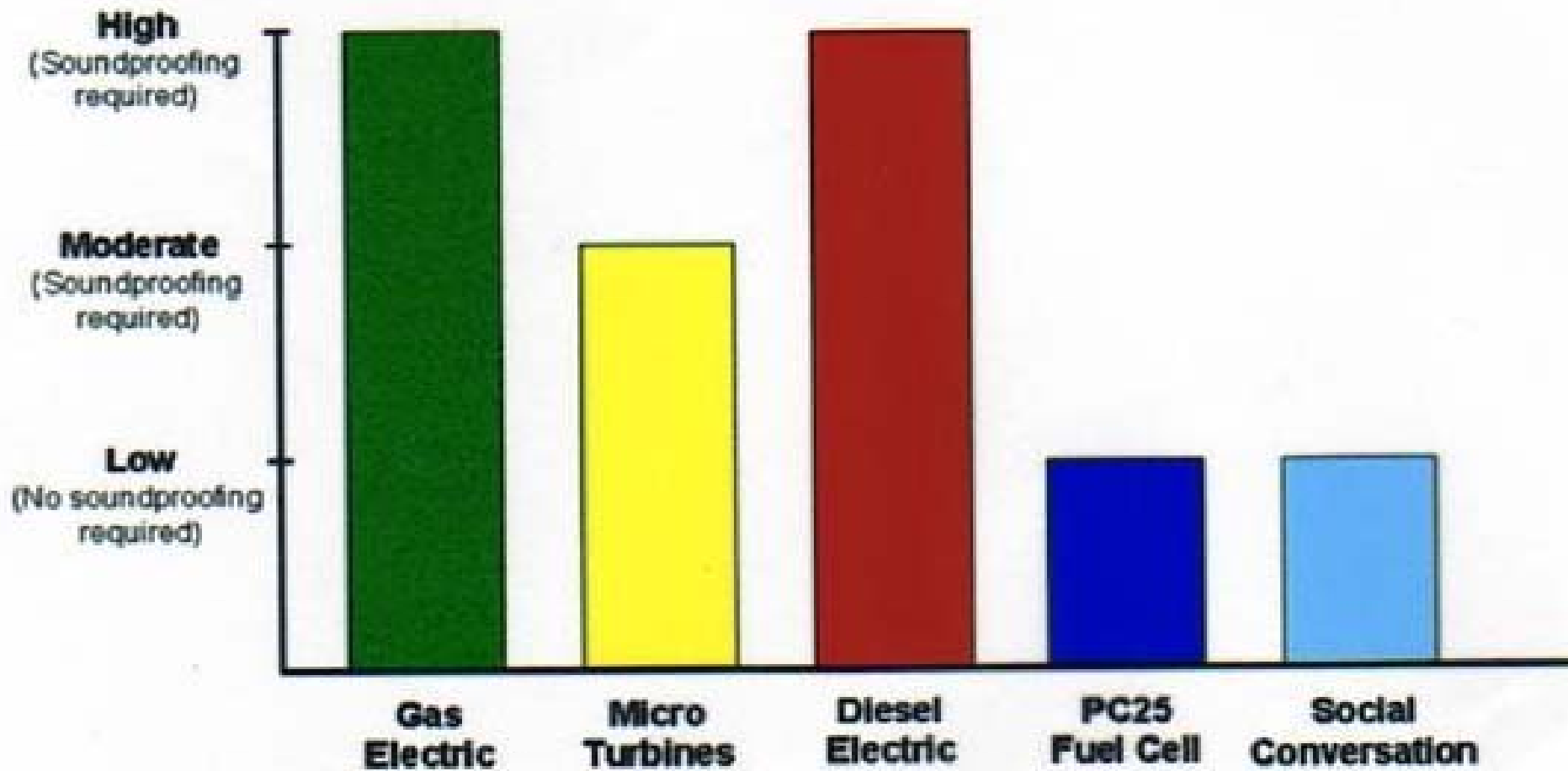
(Emissão de CO₂ por 1000 kWh, em libras)



Comparativo de Emissões

CO NO_x HC SO₂





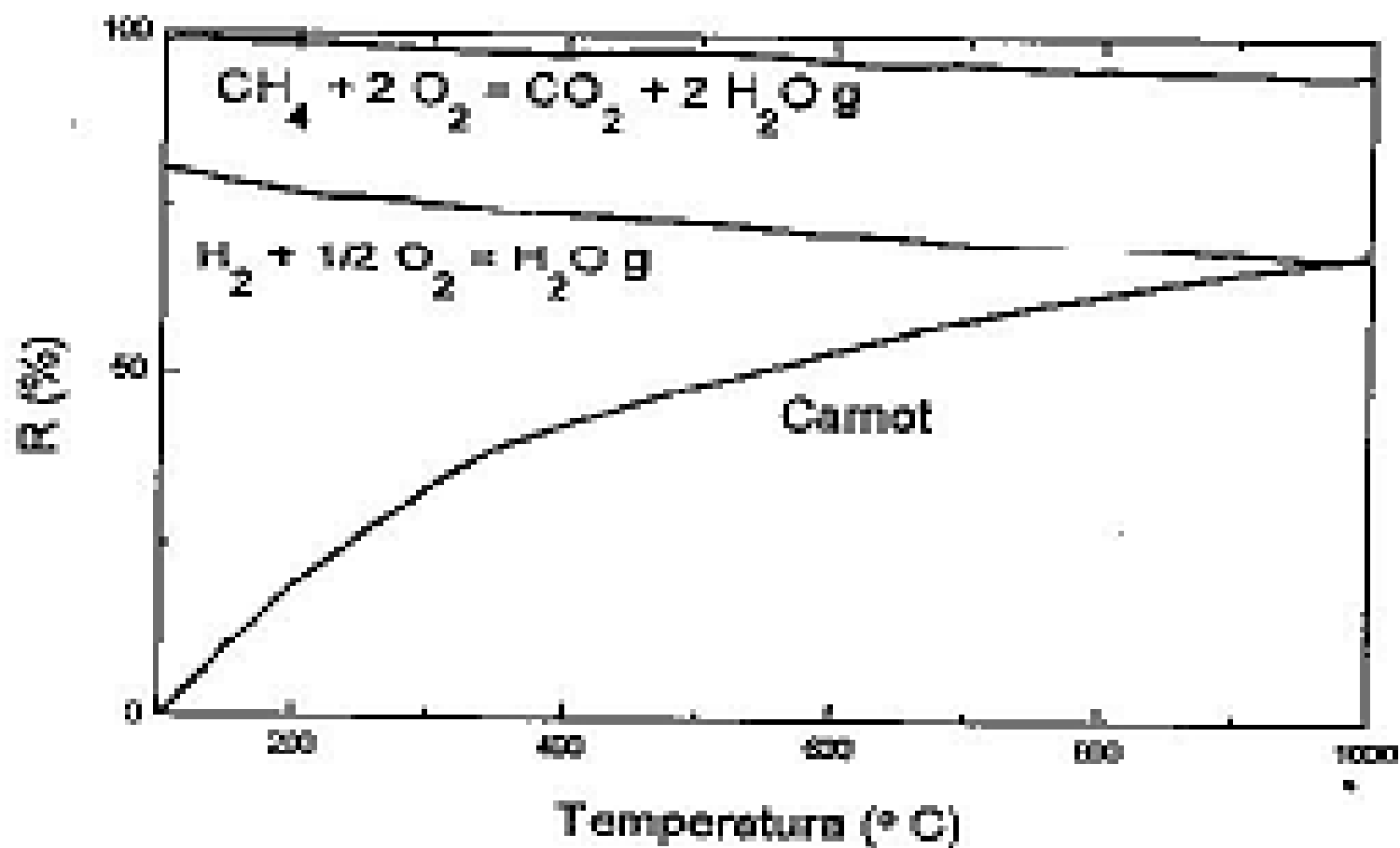
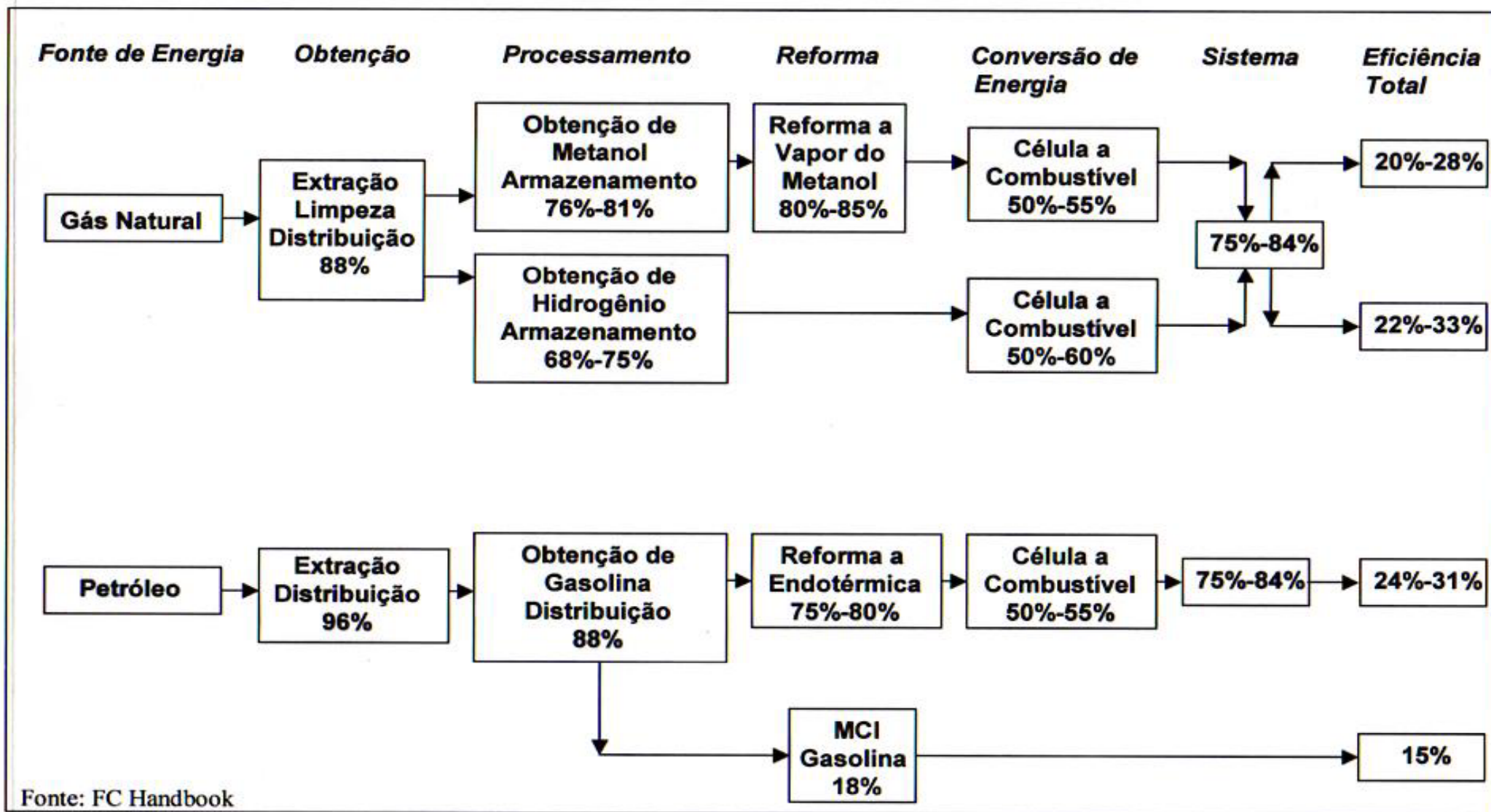
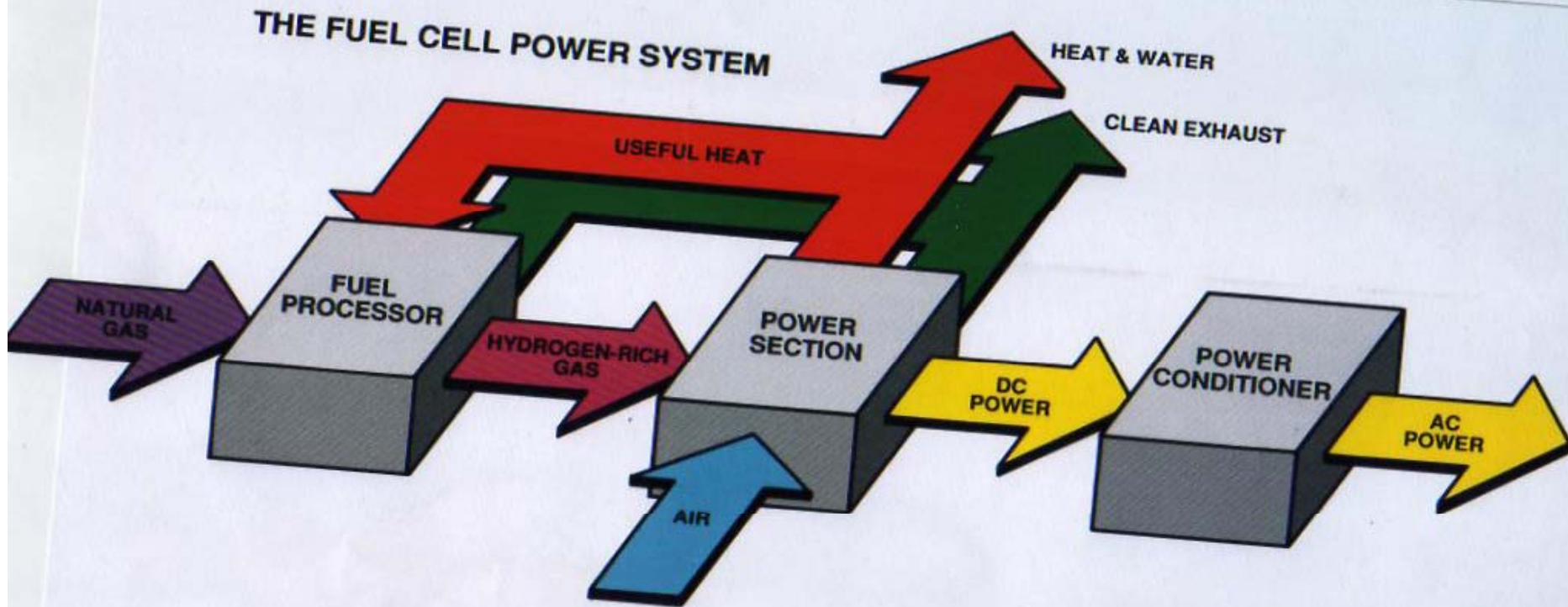


Figura 6. Dependência do rendimento teórico com a temperatura da conversão eletroquímica do hidrogênio, do metano e ao ciclo de Carnot.

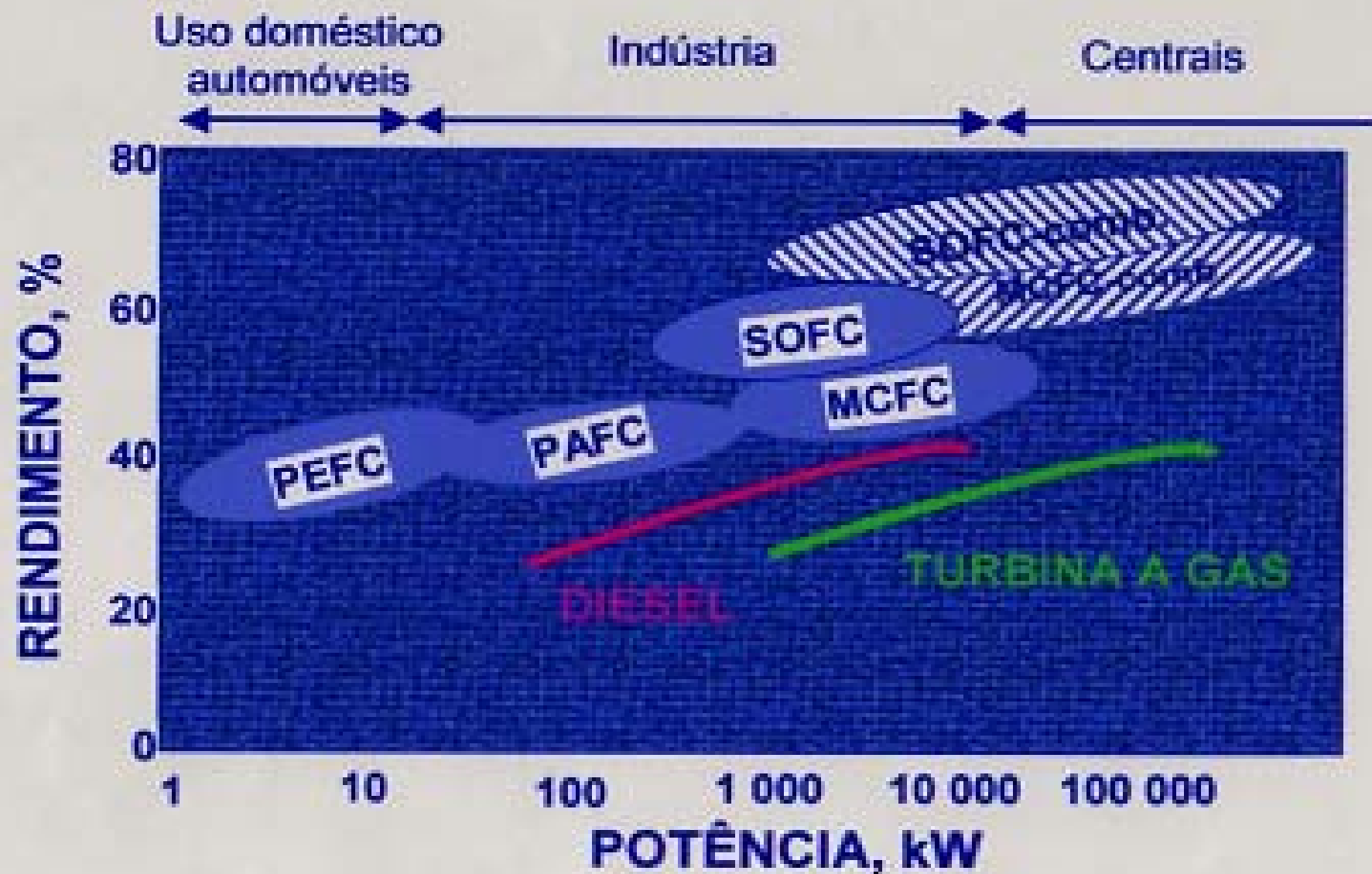
Eficiências “Well to Wheel” para vários cenários de veículos



Sistema



Aplicações

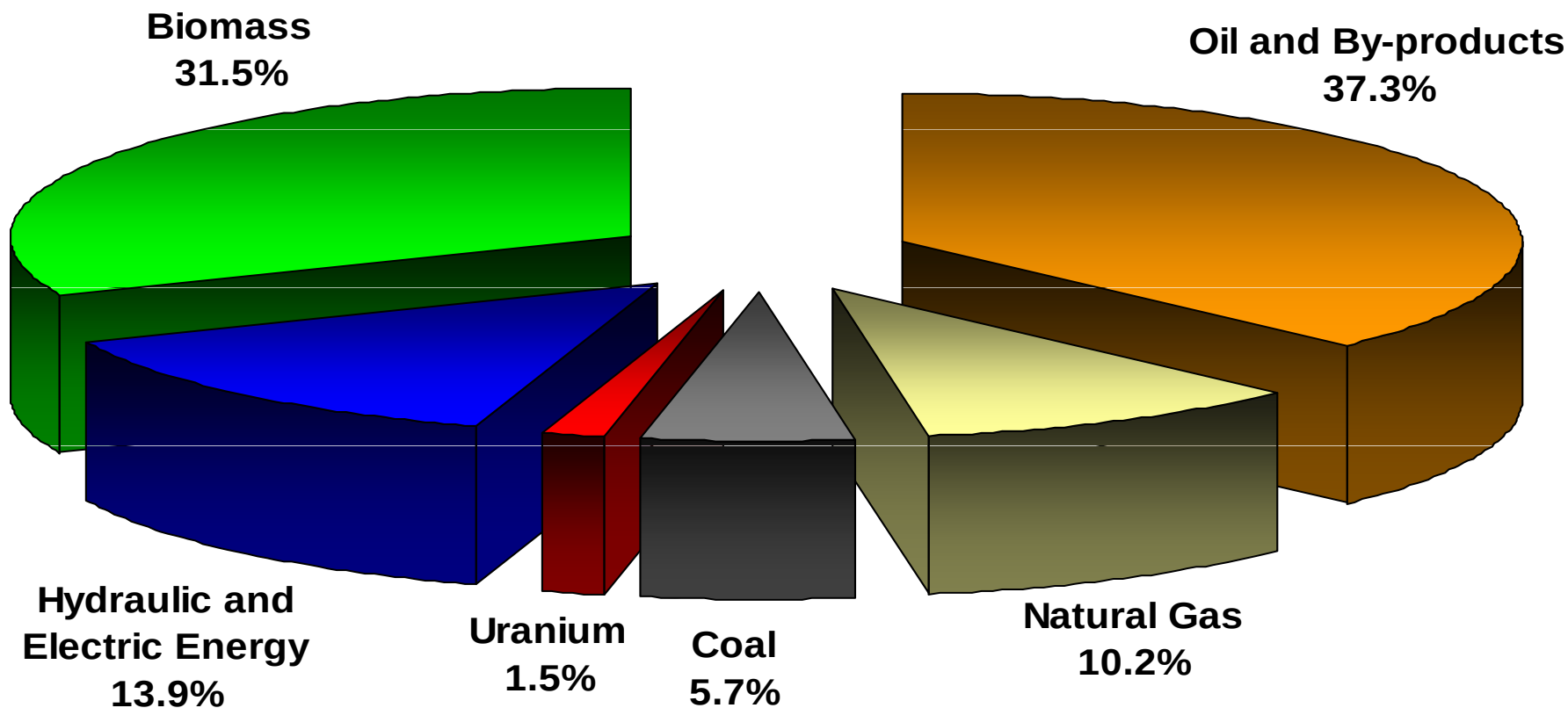




2 - A Matriz Energética Brasileira

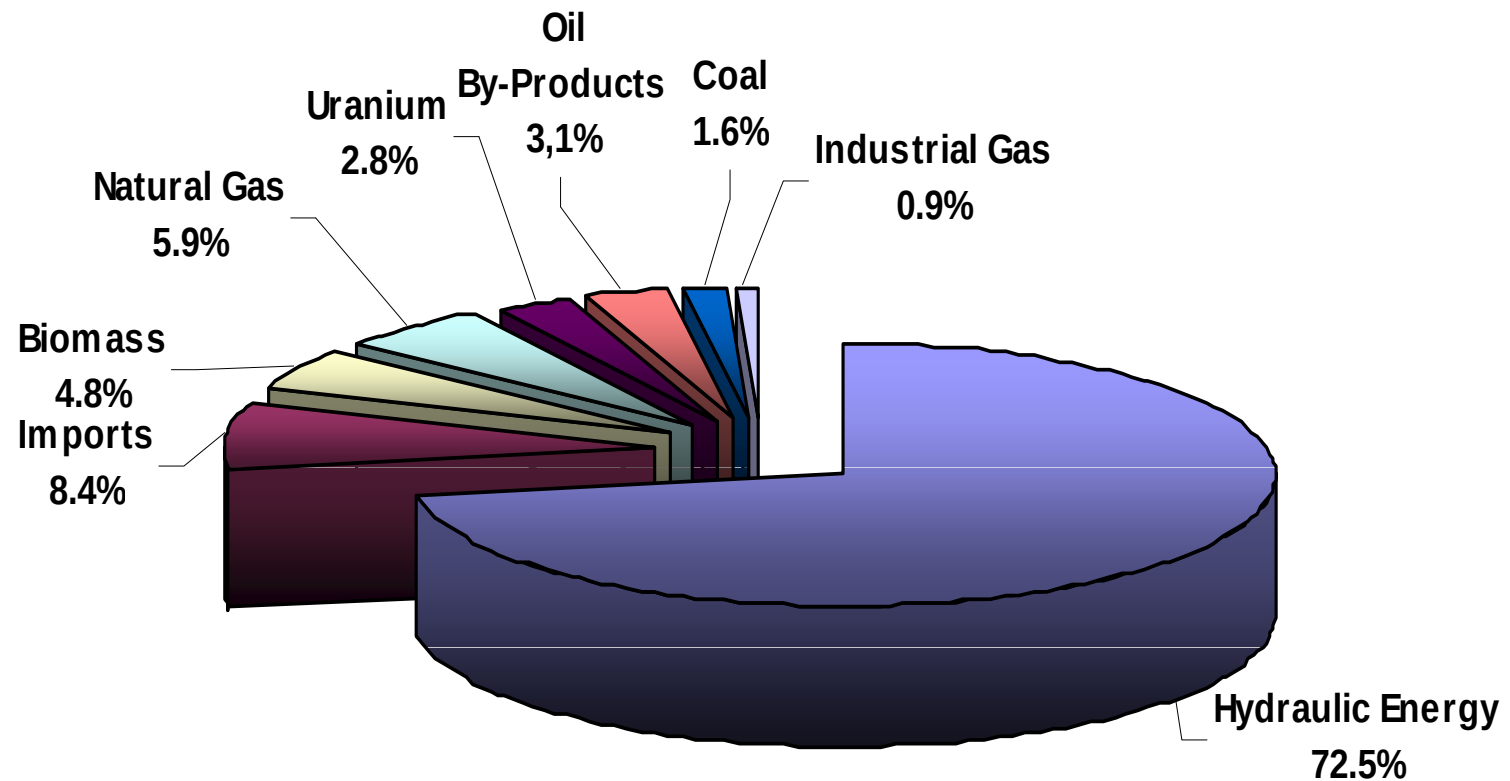


BRAZILIAN ENERGY MIX



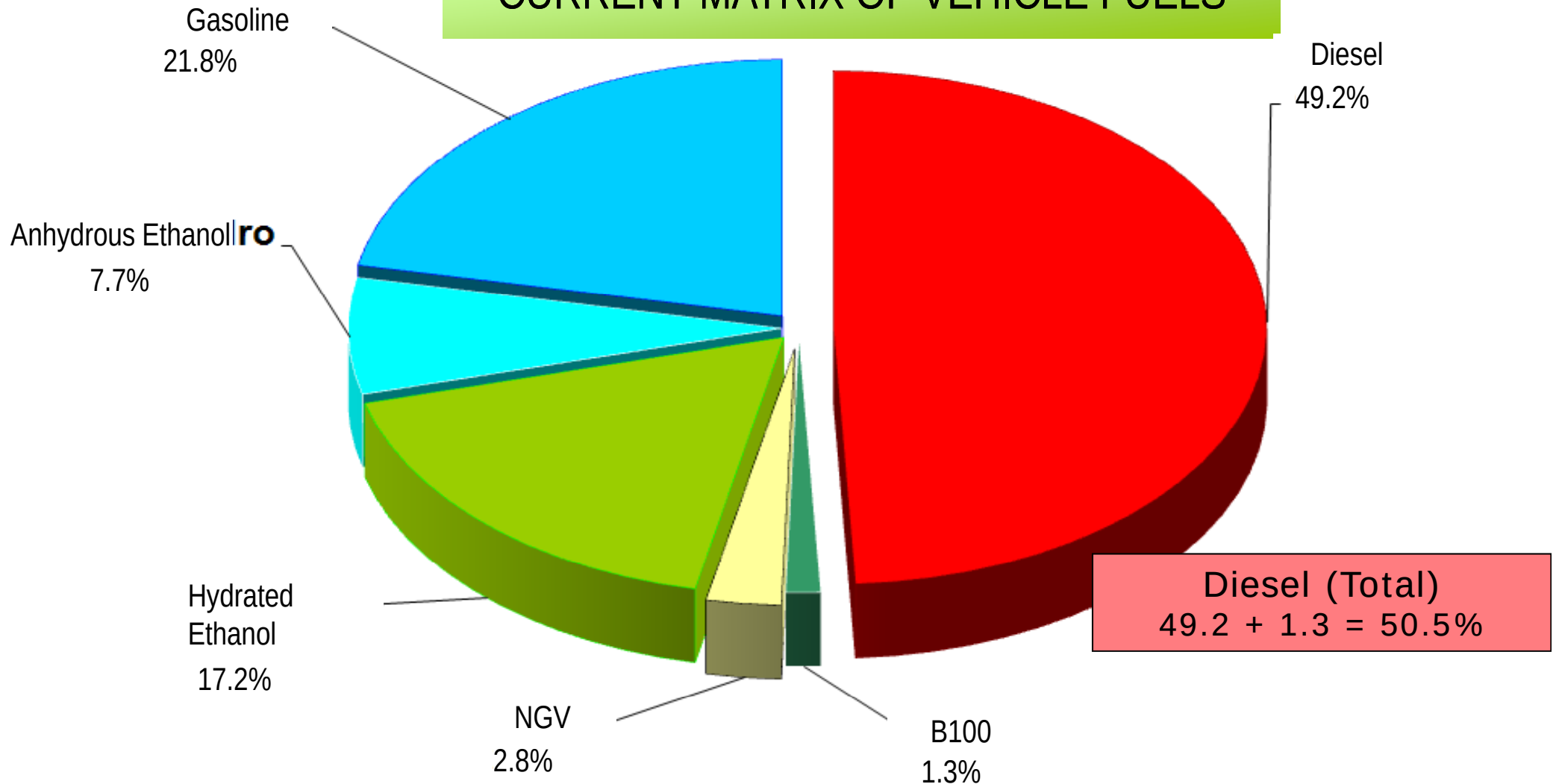
Source: Ministry of Mines and Energy (MME) – (Year 2008)

MATRIX OF ELECTRIC ENERGY



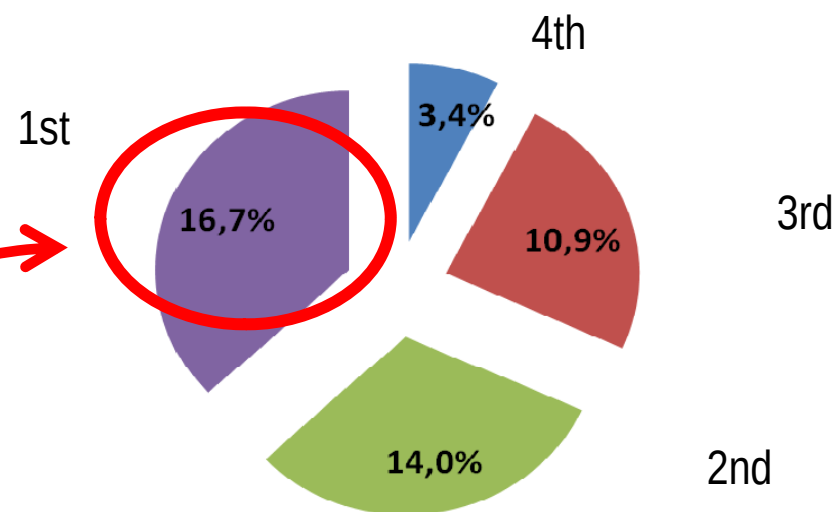
Source: MME, 2009 (Year 2008)
Note: Includes self-production

CURRENT MATRIX OF VEHICLE FUELS



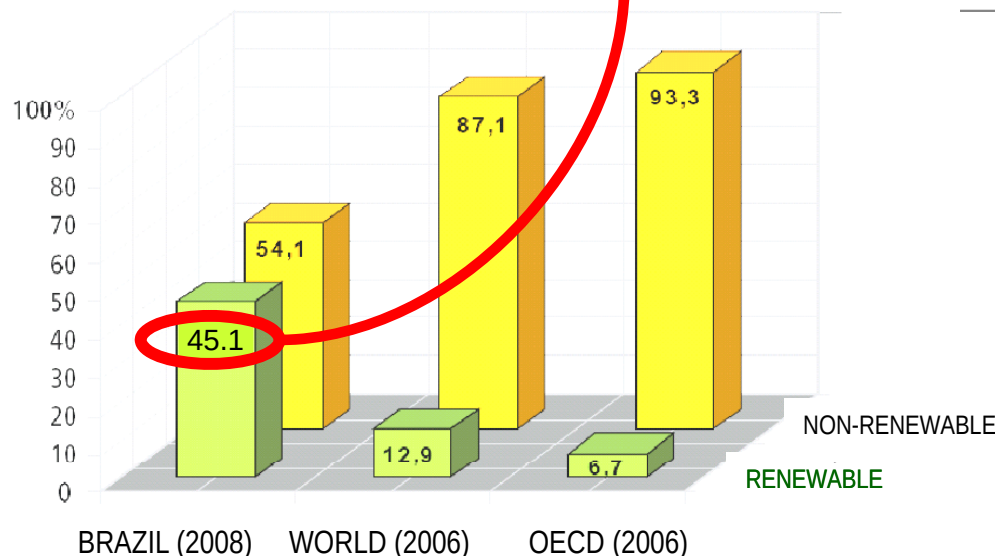
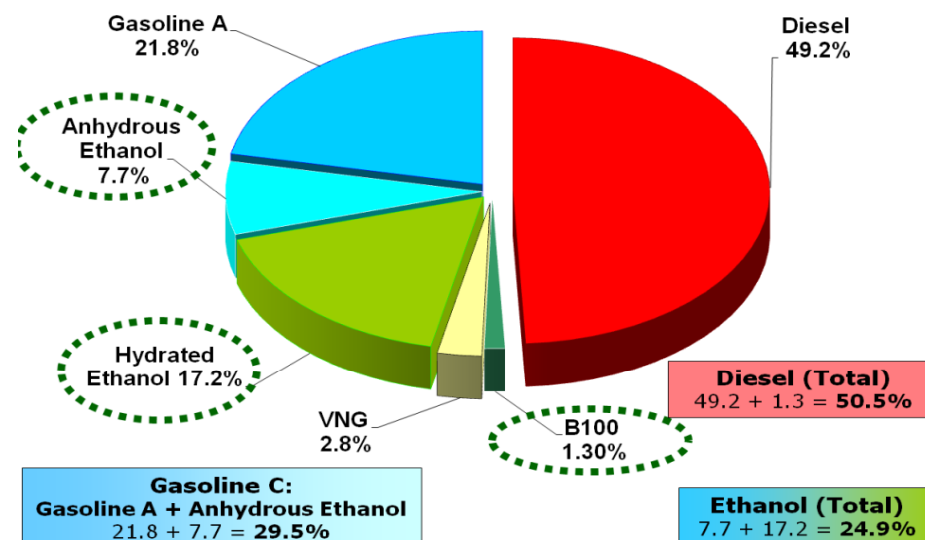
Source : MME, 2009 (Year: 2008)

- Brazilian Energy Policy privileges diversification of sources;
- Ethanol today is responsible the largest share of light vehicle fuels since April/2008;
- Gasoline is the alternative fuel.



■ Other renewable
■ Hydroelectricity
■ Wood and other biomass
■ Sugarcane products

Vehicular Fuel Chart – 2008



Source: MME - Resenha Energética Brasileira (May/2009)

3 - Etanol: Opção Estratégica p/o Brasil



H_2 de
Bio-Etanol



PETROBRAS

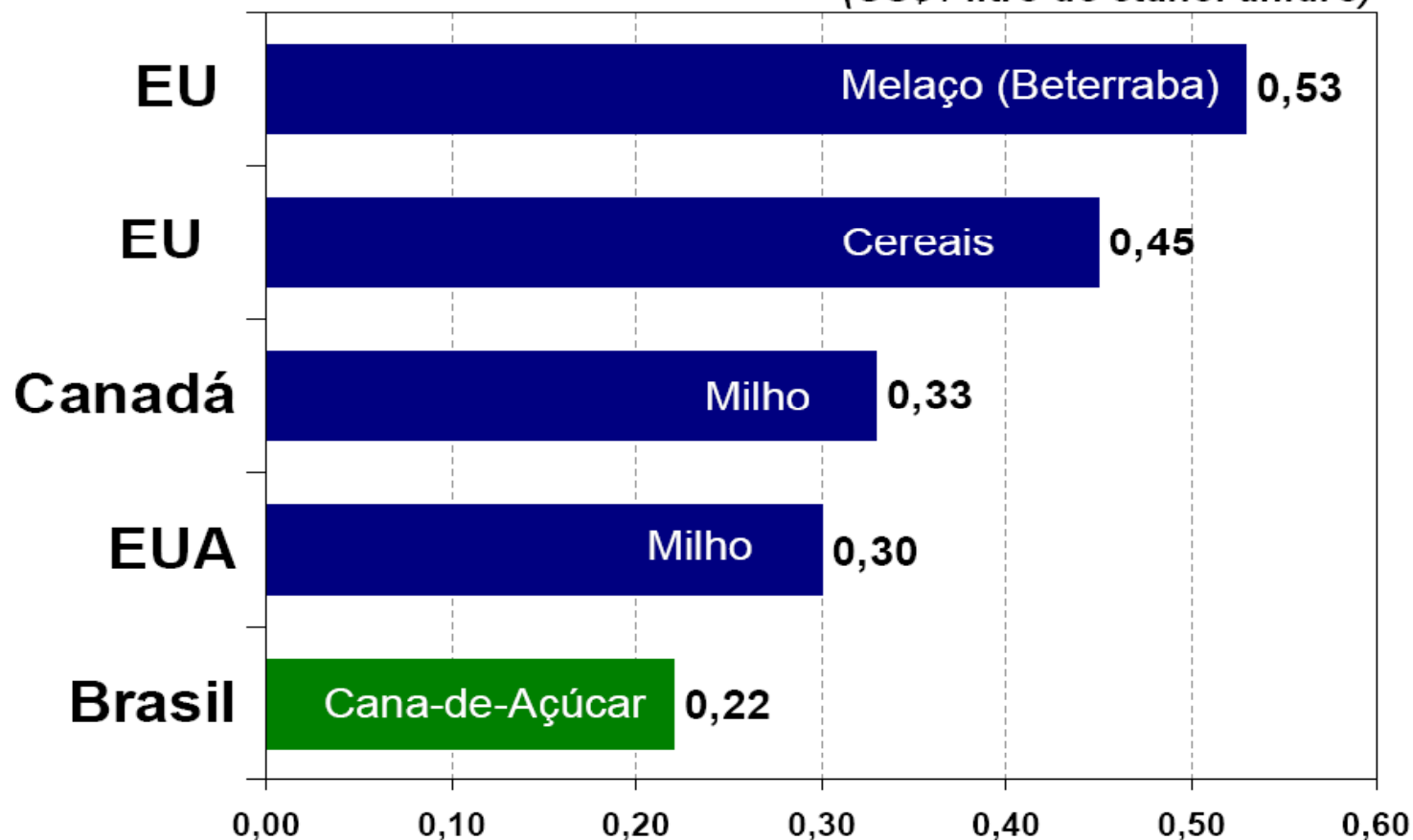


• Motivação

- ETANOL: fonte de H_2 renovável no Brasil
- Produção: 18 milhões de m^3 /ano
- Área para Plantação: 5,6 milhões hectares (0.6% do território)
- Área disponível: 12% do território
- Área verde no Brasil: 851 milhões de hectares
 - Florestas 464 mi hectares (55%)
 - Agricultura e pastagem 297 mi hectares (35%)
 - Campos e Savanas 73 mi hectares (9%)
 - Cidades, rios e outros 17 mi hectares (2%)

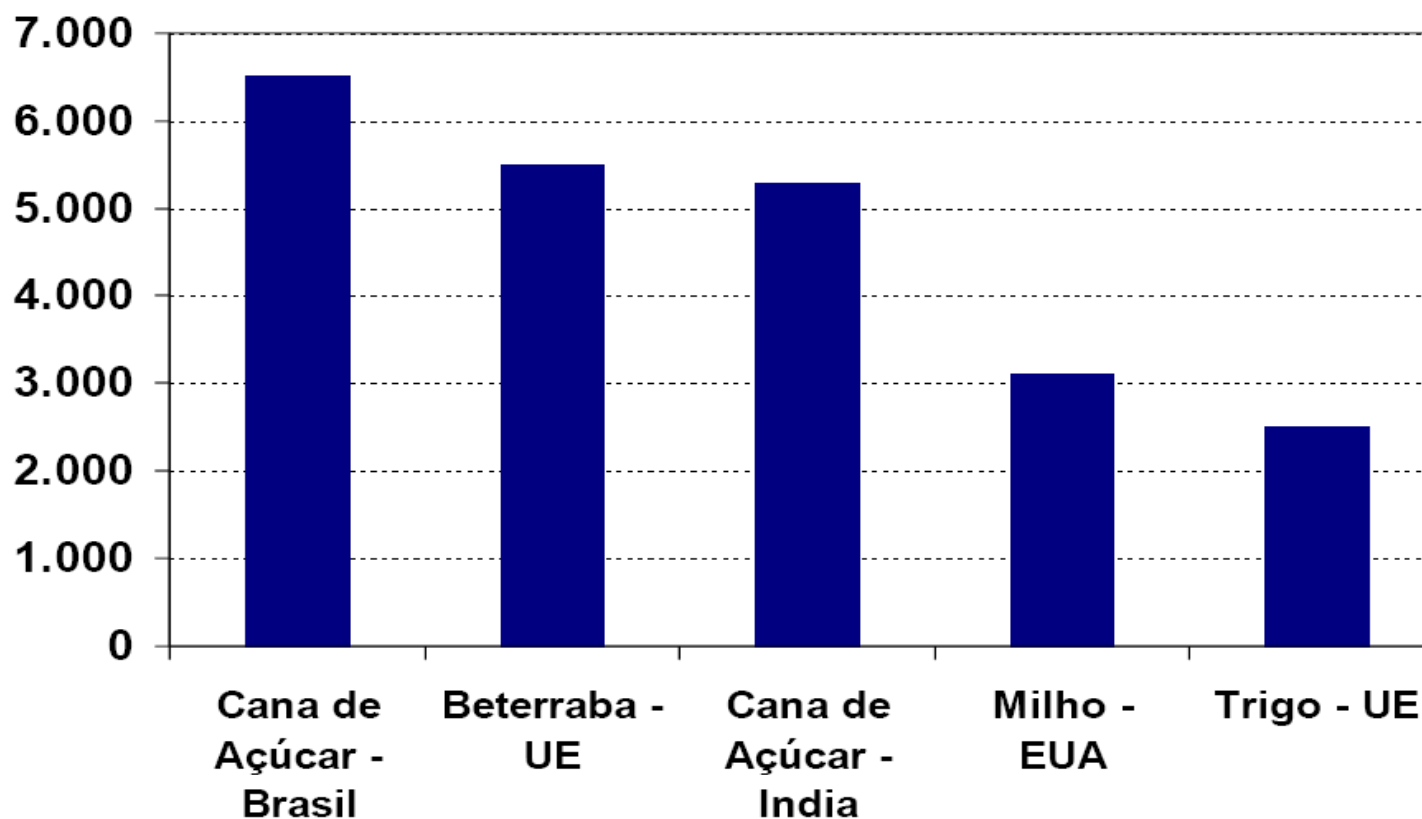
Etanol: Custo de Produção (da matéria prima ao produto final)

(US\$ / litro de etanol anidro)



Produtividade de Etanol

Litros por Hectare





- Dados Interessantes

1- The Brazilian Ethanol is the most productive biofuel in the world today (6.000 l/ha.y) and has the best energetic balance: 9.0 J_{renewable}/J_{fossile}

(alcohol from corn in the USA: 1.5; biodiesel in Germany: 3,0)

2- New technologies: are able to double the productivity, reaching 14.000 l/ha.y

Center-South Region Crops Location 2006

More than 1,300 miles far from the
Amazon Forest boundaries

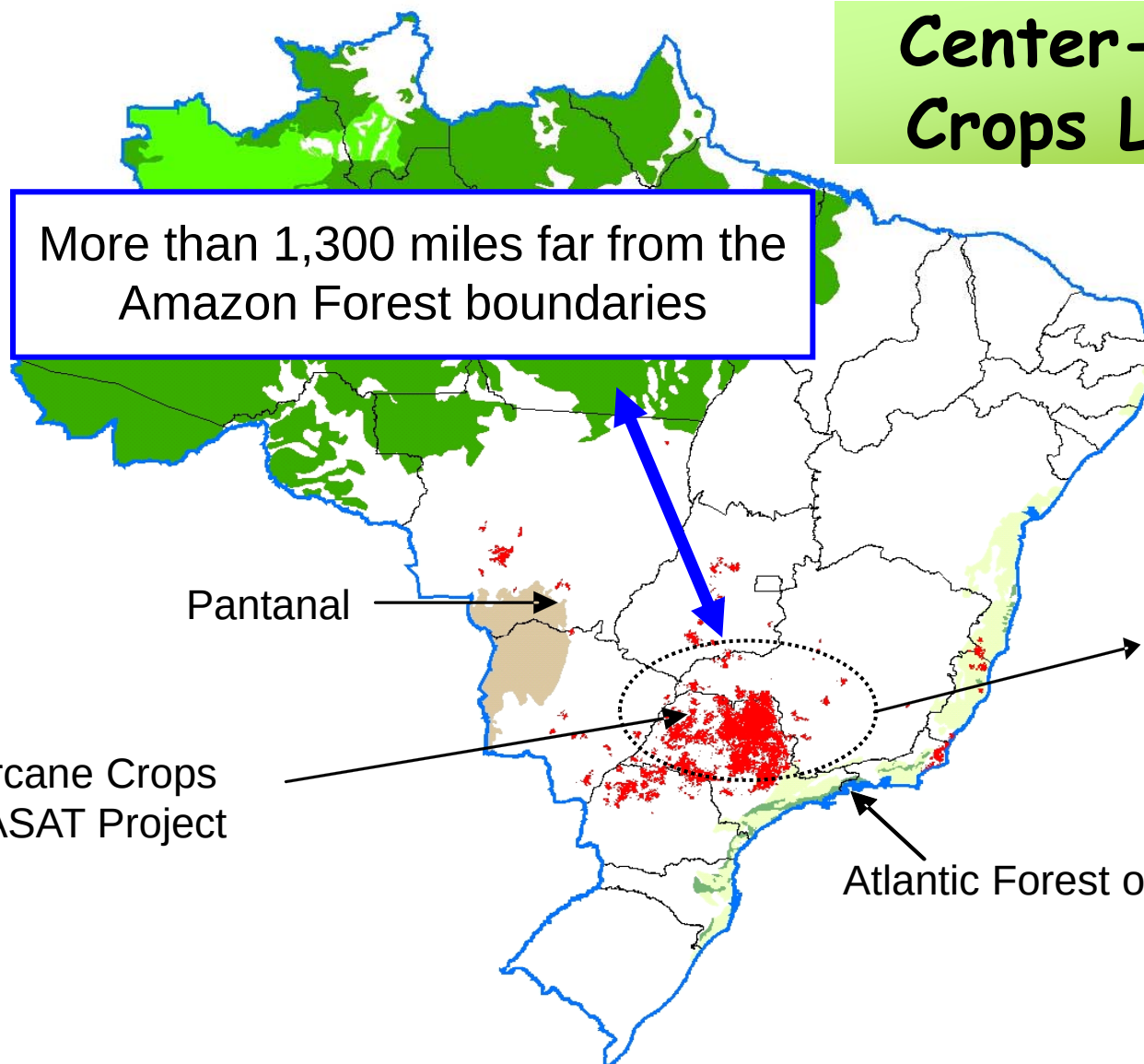
Pantanal

A Region that grows
sugarcane crops for
more than 30 years

Sugarcane Crops
CANASAT Project

Atlantic Forest of Brazil

Source: IBGE (Preservation Areas) and CTC (Sugarcane Crops)





Incentives established by the Pro-Alcohol in 1975

- ~~Alcohol price lower than gasoline price~~
- ~~Guaranteed remuneration to the producer~~
- Tax reduction for hydrous alcohol cars  The only remaining incentive nowadays
- ~~Loans for alcohol producers to increase their capacity~~
- Gas stations were obligated to sell alcohol
- Maintenance of strategic alcohol stocks



4 - ProH2: *O Programa Brasileiro*





Características

- Network Structured Projects
- Renewables: **Ethanol**
- Intellectual Properties
- Budget: **@ US\$ 2 million/network**
(first step)



ProH2 Networks

1 - PEMFC (2004)

Electrodes; membranes; electrocatalysis; bipolar plates, gas distribution, simulation, cost reduction, lifetime and scaling up issues, etc.

2 - SOFC (2004)

new components for ITSOFC; catalysis; ethanol oxidation; etc.

3 - H₂ (2004)

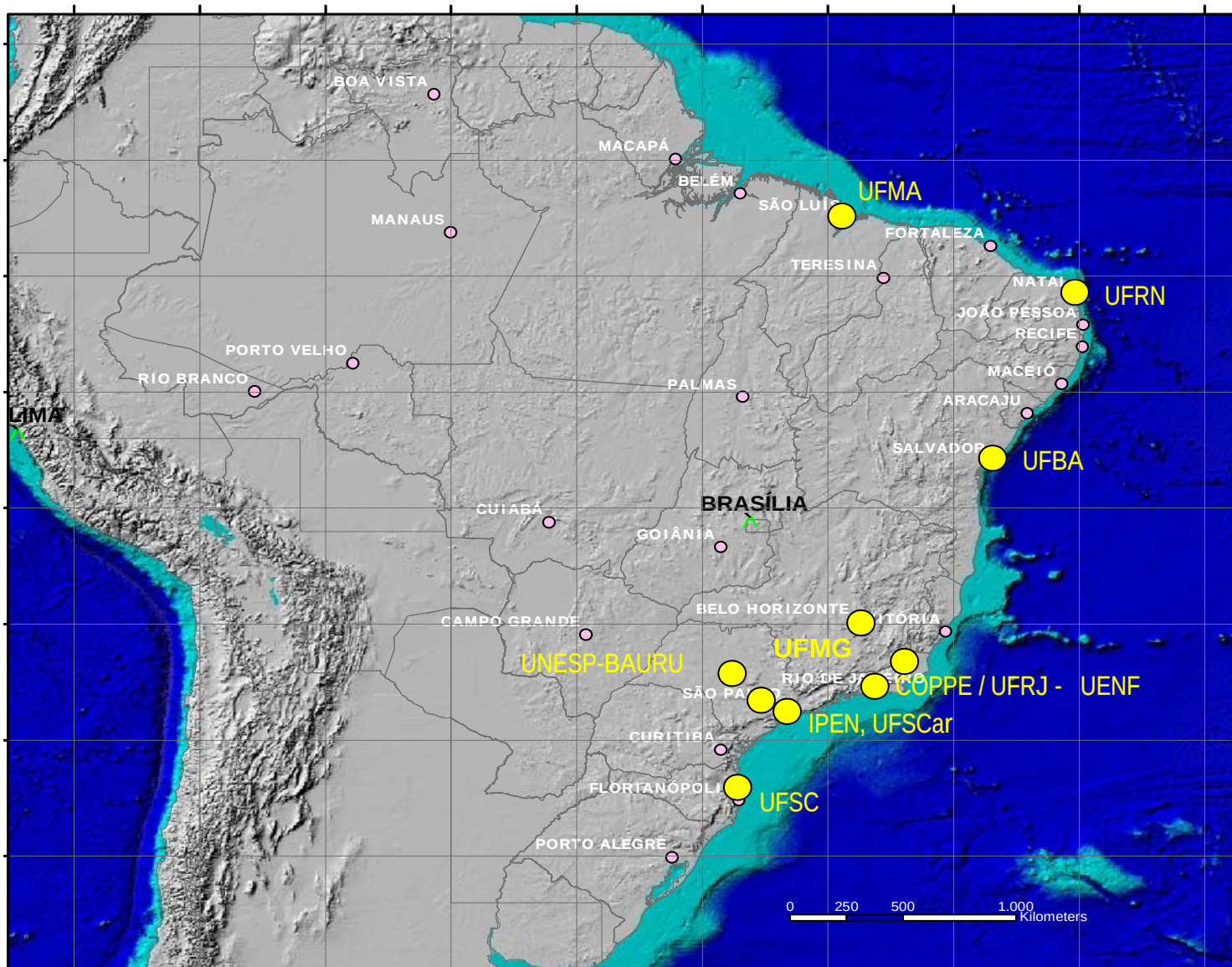
Ethanol and natural gas reforming; electrolysis (Itaipu).

4 - Systems (2005)

Engineering; Plant integration; etc.

5 - Utilization (2006)

Storage; safety; transport; regulation etc.



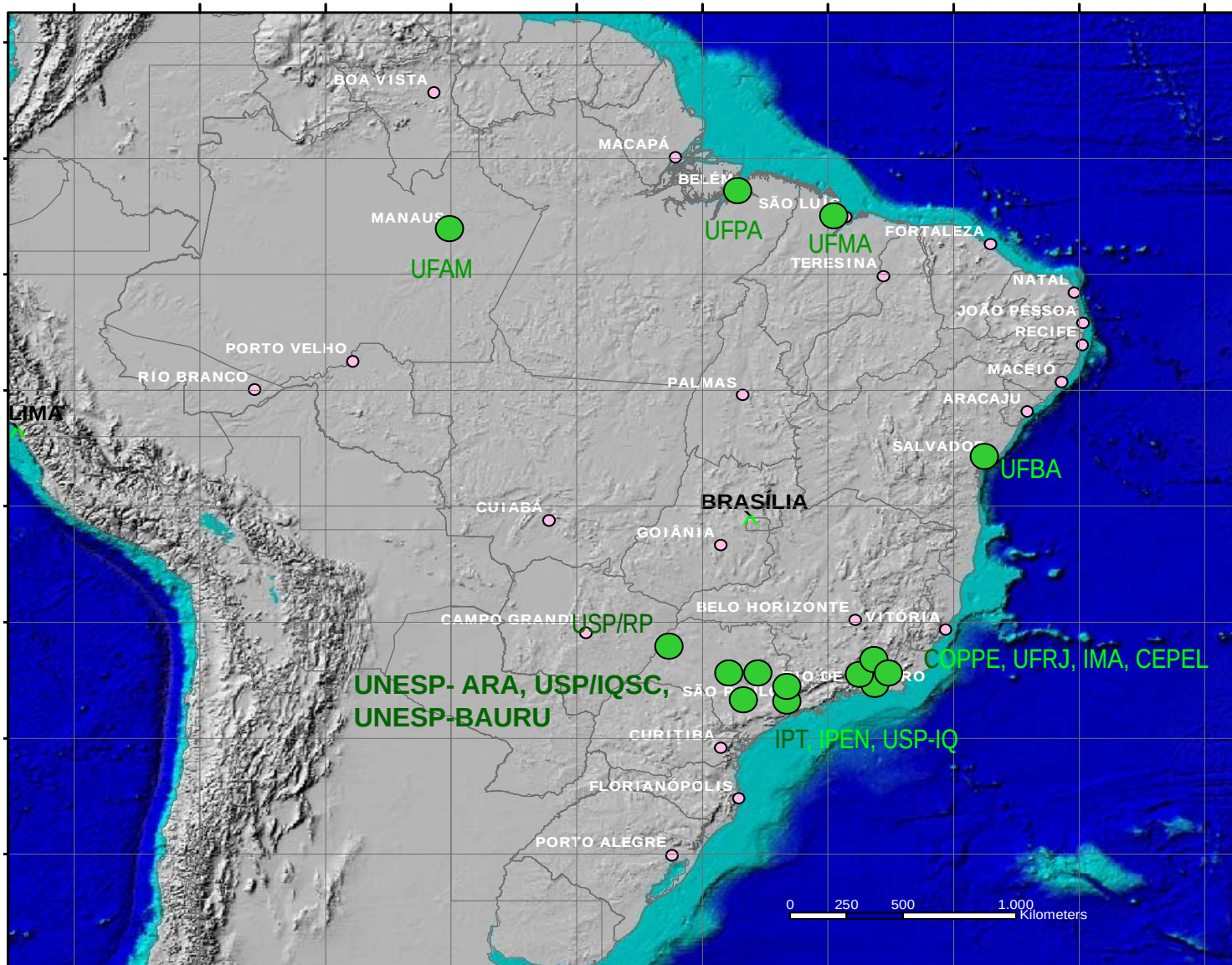
● SOFC

● PEMFC Network

● Hydrogen Network

● Engineering Network

● Applications Network



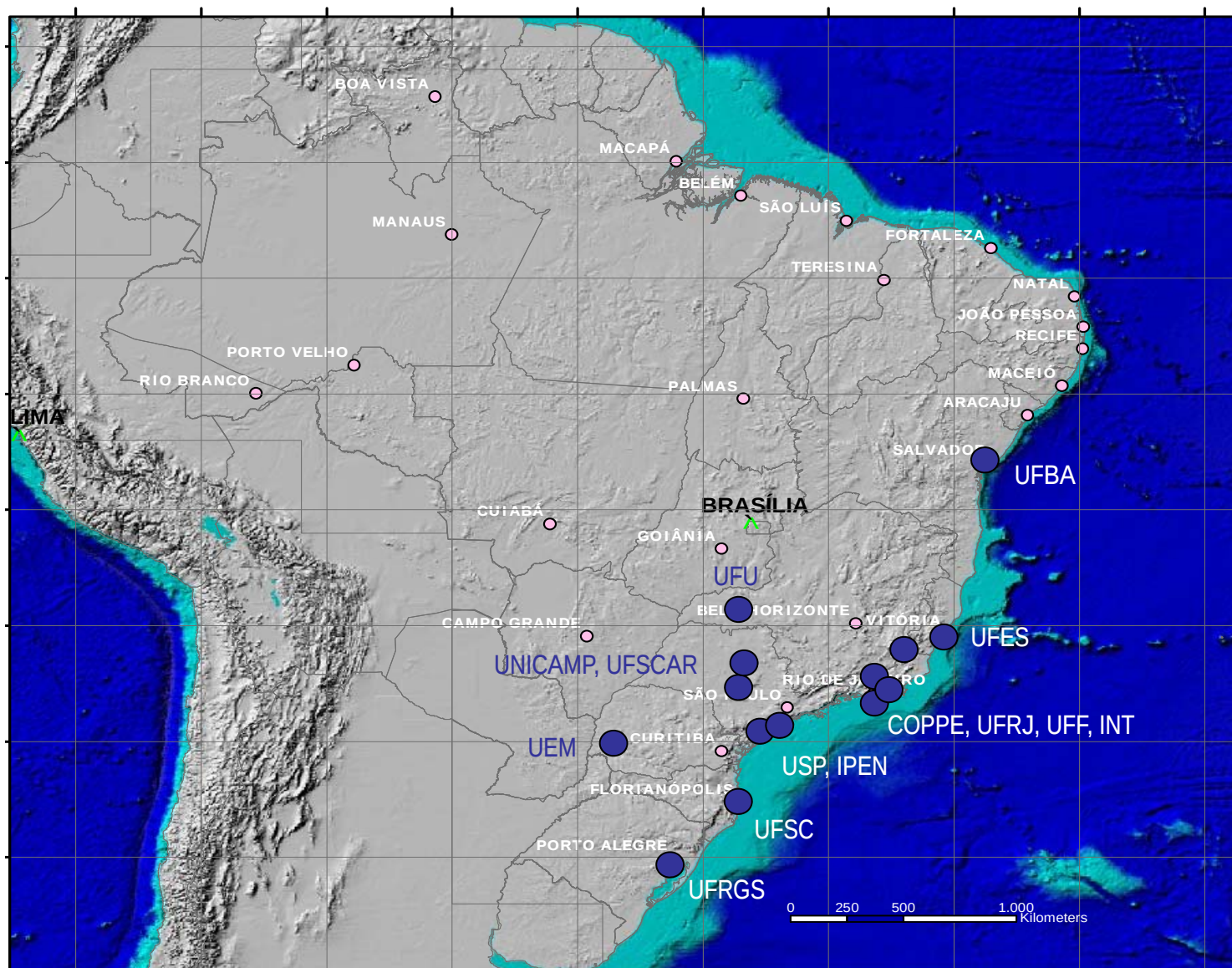
SOFC Network

PEMFC

Hydrogen Network

Engineering Network

Applications Network



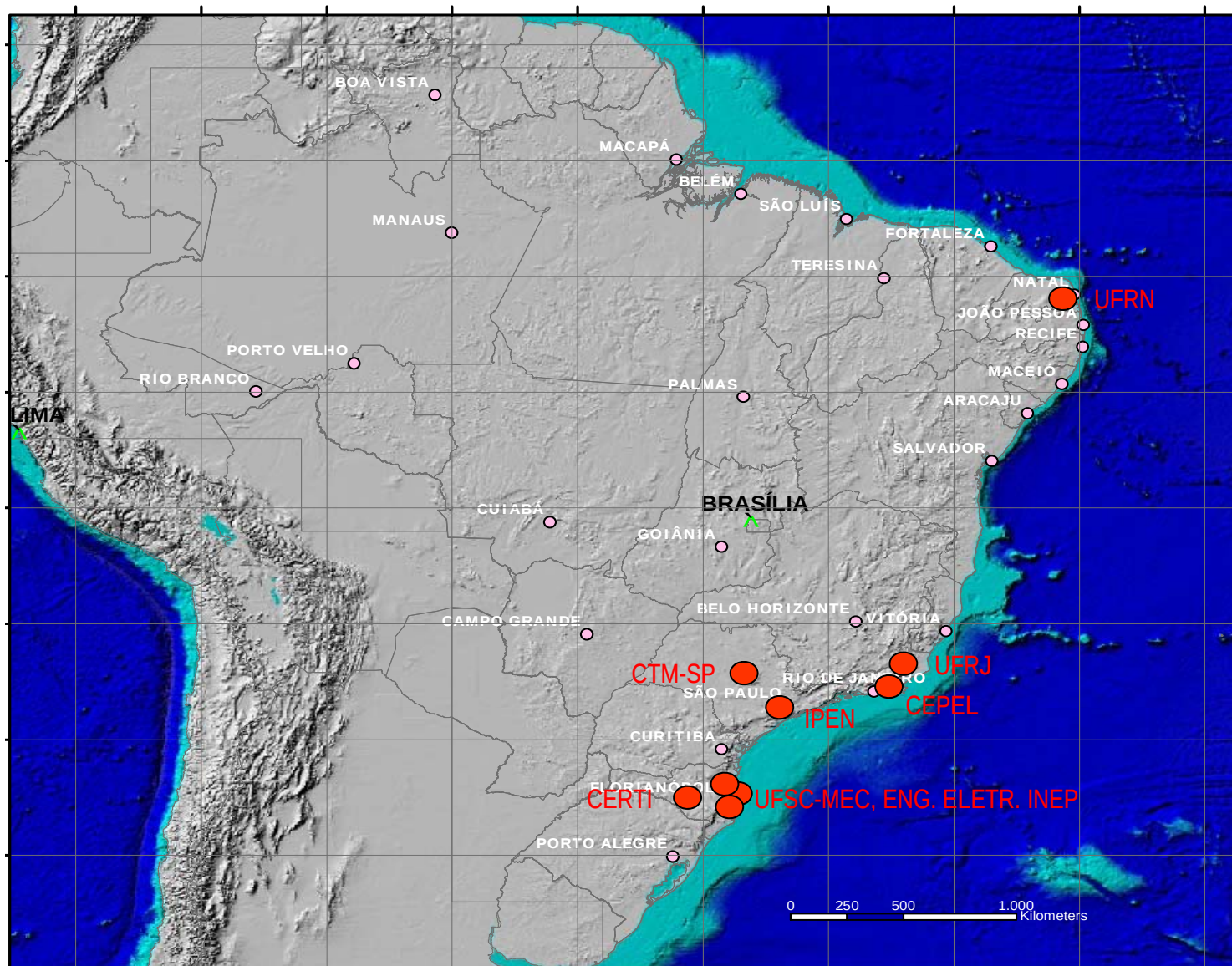
● SOFC Network

● PEMFC Network

● Hidrogênio

● Engineering Network

● Applications Network



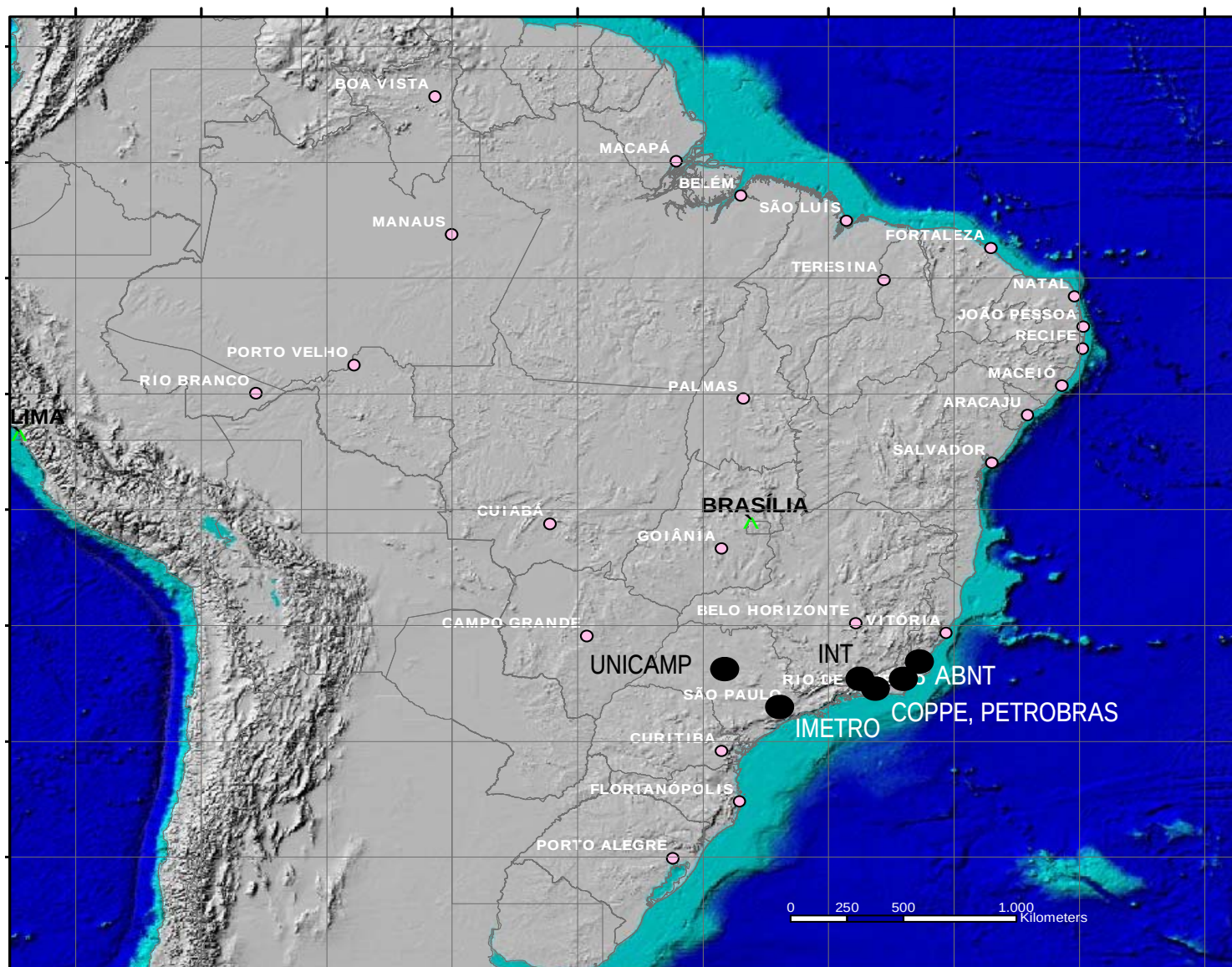
SOFC Network

PEMFC Network

Hydrogen Network

Sistemas

Applications Network



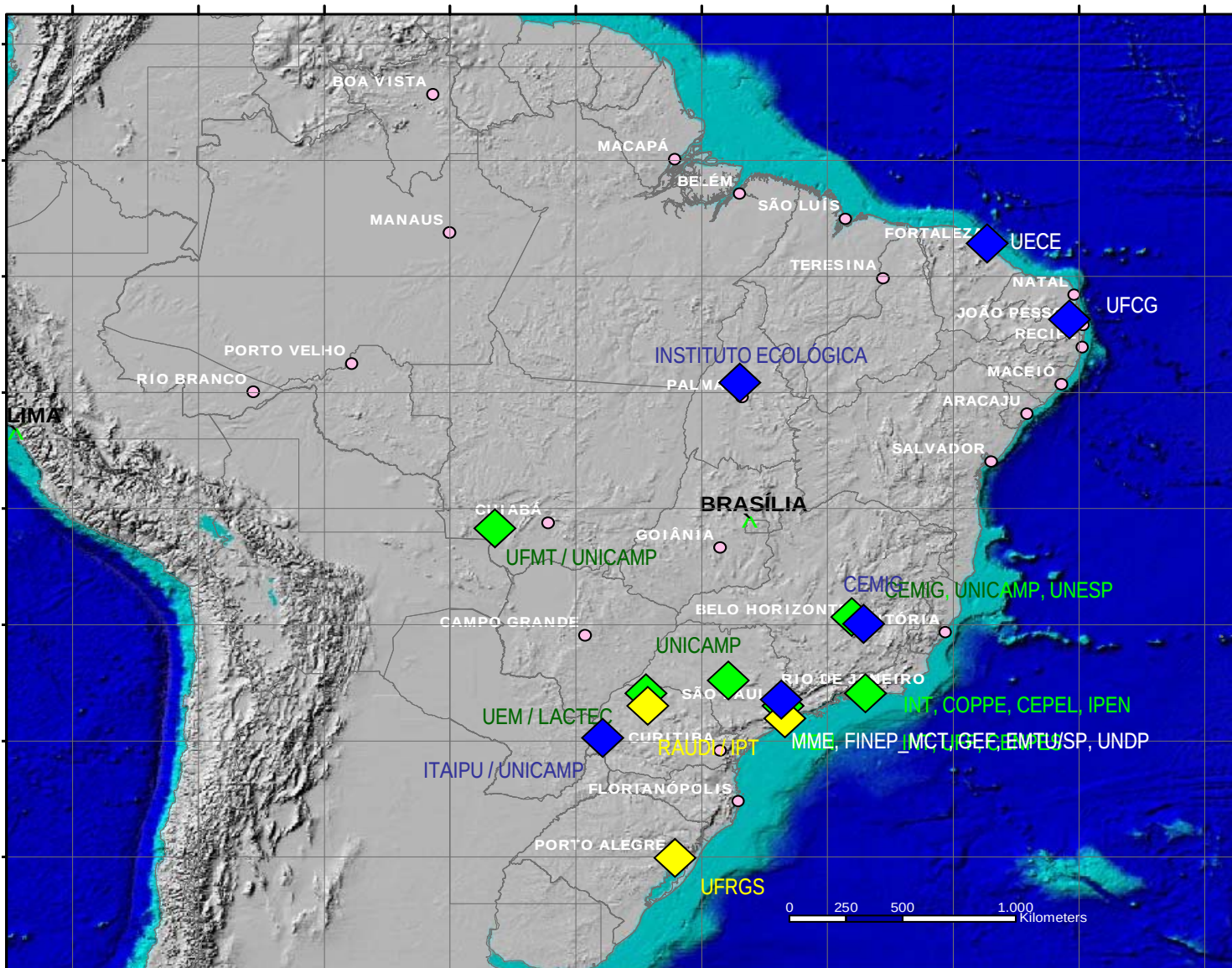
● SOFC Network

● PEMFC Network

● Hydrogen Network

● Engineering Network

● Utilização, Normas, etc.



- ◆ Reforma do Etanol
- ◆ Gaseificação Biomassa
- ◆ Eletrólise
(hidro, solar e eólica)

◆ Reforma do Etanol

◆ Gaseificação Biomassa

◆ Eletrólise
(hidro, solar e eólica)



O Programa do IPEN

- **Objetivos**

Ações integradas e de cooperação para o desenvolvimento de uma tecnologia nacional para a produção limpa e eficiente de energia elétrica baseada em células a combustível (PEMFC e SOFC). Aplicação estacionária.



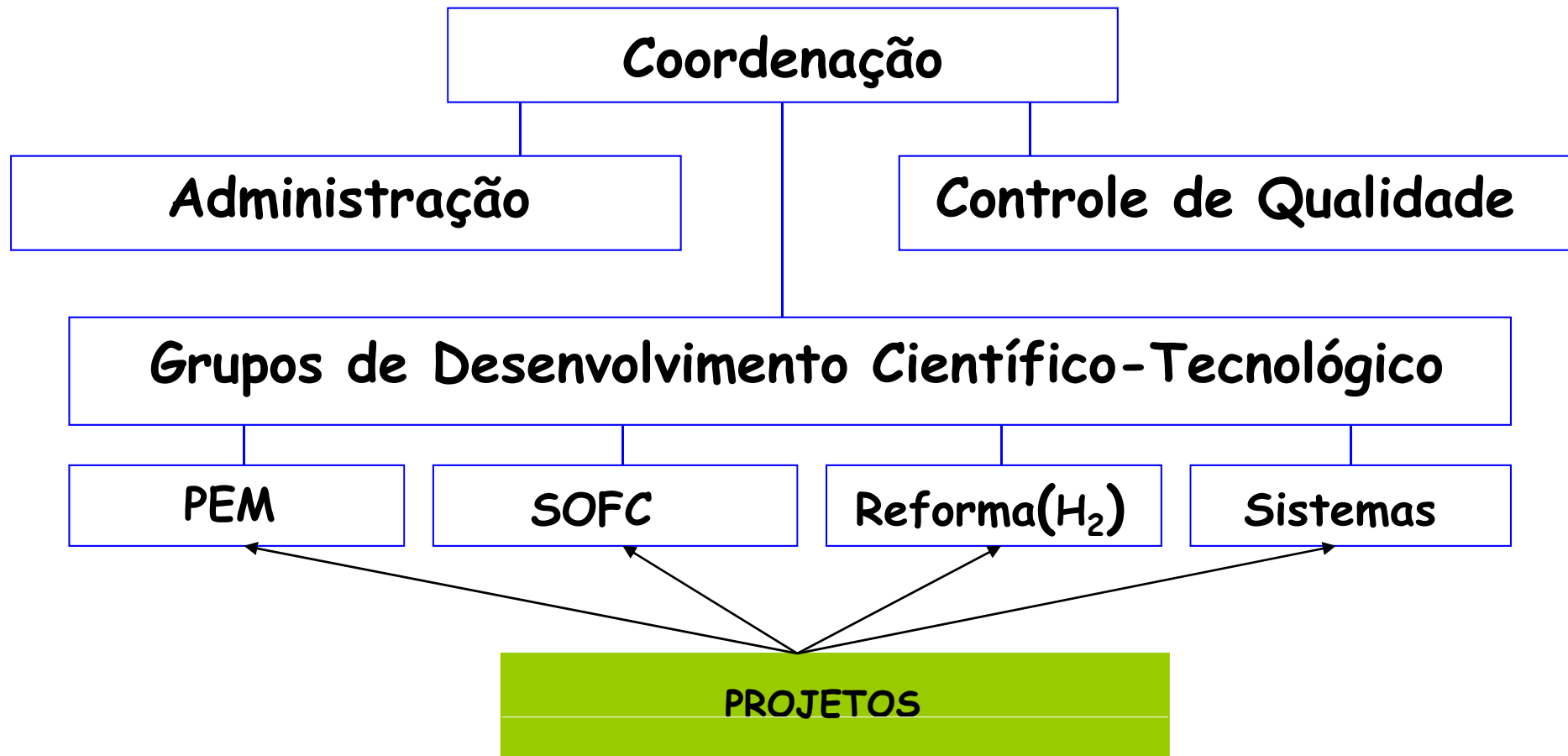
Ações: Criar as condições necessárias para o estabelecimento de uma indústria nacional em Células a Combustível, tornando o Brasil competitivo internacionalmente na área;

Motivar a utilização de sistemas de Células a Combustível, utilizando bio-Hidrogênio => Etanol;

Desenvolvimento de Recursos Humanos na área.



- Organização do Programa do IPEN





- Equipe

- ⇒ Aprox. 30 Pesquisadores, integral ou parcial

- ⇒ Mais de 25 estudantes

- Produção desde 2000

- ⇒ 10 teses, 15 em andamento

- ⇒ 16 Patentes, 4 Prêmios

- ⇒ Mais de 70 publicações

- ⇒ Aprox. 120 participações em congressos



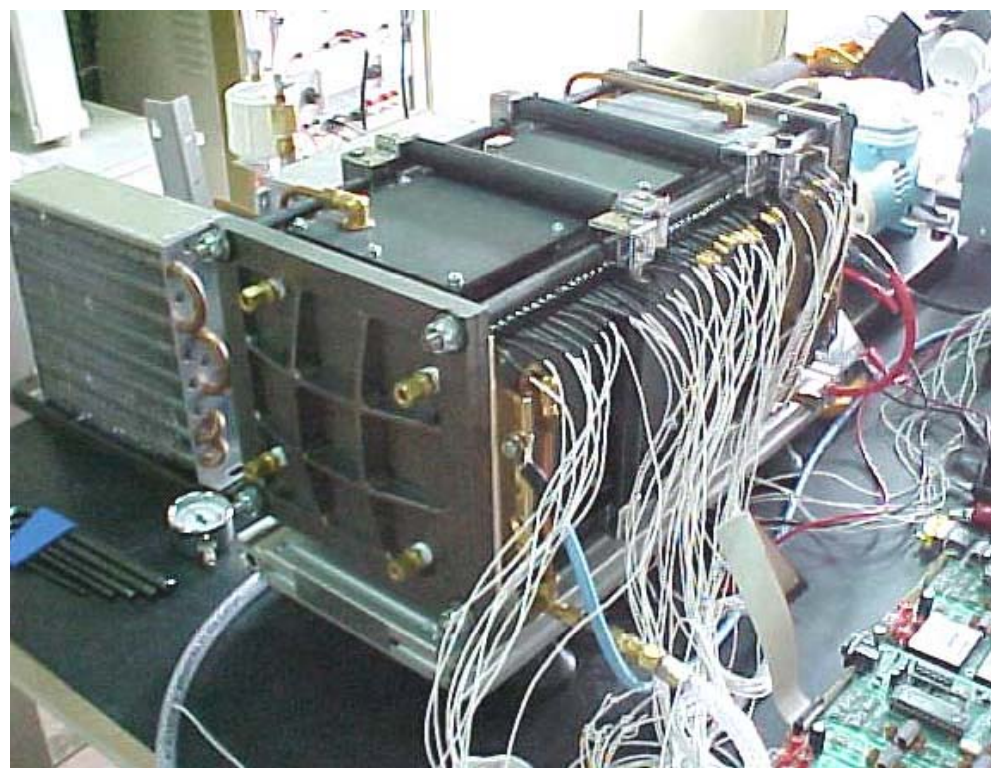
Este Programa Institucional participa ativamente do
Programa Brasileiro de Hidrogênio do
Ministério de Ciência e Tecnologia do Governo Federal



- Parceria: ELECTROCELL
(www.electrocell.com.br)



PEMFC - Lab. de Operação



PEMFC - Módulo de 3kW



GRUPO
ELECTROCELL®
CÉLULAS A COMBUSTÍVEL

www.electrocell.com.br



50kW - H₂/O₂

Technical data

Project Output: 220V AC; 60Hz

Harmonic distortion : < 3%

Operates with 3 stacks, up to 5

Link DC up to 300V

Delivered Ago/04



5 kW – Natural Gas / air

Technical data

Output: 220V AC; 60Hz

Total harmonic distortion: <3%

Link DC up to 100V

Delivered 2004



- Dentro do sistema, Módulo de 50 kW





Formação de RH



● Cursos de Pós-Graduação

- Introdução à Tecnologia de Células a Combustível
- Tópicos de Eletroquímica: Princípio e Aplicações
- Engenharia Eletroquímica e Reatores Eletroquímicos
- Tópicos Avançados em Células a Combustível: Materiais
- Tópicos Avançados em CaC: Fenômenos de Transporte
- Projeto e Análise Técnico-Econômica para CaC
- Tópicos em Eletrocatalise para CaC de Baixa Temp.Op.
- Tecnologia do Hidrogênio para Aplicação em CaC



5 - Perspectivas/ O ônibus brasileiro a Hidrogênio



Integração Internacional

Brasil é membro do IPHE

"International Partnership for the Hydrogen Economy".

www.iphe.net



International Cooperation Program, created in 2003 by the USA.

R&D activities and market concerning H₂ and Fuel Cells aiming the establishment of the Hydrogen Economy.



Russian Federation



USA



Canada



Iceland



Japan



Republic of Korea



China



India

- 85% do PIB mundial;
- 3.5 bi de pessoas;
- Mais de 75% do consumo mundial de eletricidade
- Mais de 2/3 das emissões de CO_2

United Kingdom



France



Germany



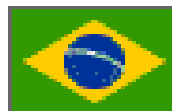
Italy



Australia



Brazil



Norway



European Commission





Brazilian Fuel Cell Bus

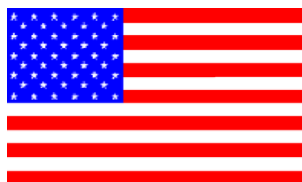


Operated: July, 2009

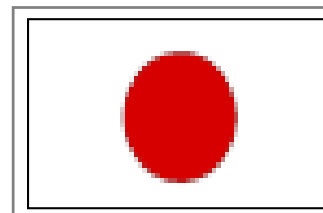
Focus: Demonstrate functionality and reliability of fuel cell buses and their fuelling infrastructure, under real operating conditions in the São Paulo Metropolitan Region.



C. E.
10 CIDADES



EUA
CALIFORNIA



JAPÃO



AUSTRALIA
PERTH



BRASIL
MODELO PARA
OS PROJETOS
DO PNUD



CHINA



Participantes

Ministério de
Minas e Energia



Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São
Paulo S.A.



Programa das Nações
Unidas para o
Desenvolvimento



Global
Environment
Facility



Consórcio

EPRI

GESTOR

ÔNIBUS

INFRA-ESTRUTURA H2

BALLARD

FUEL CELL

NUCELLSYS

SISTEMA FUEL CELL

tuttotrasporti

CHASSI / INTEGRAÇÃO

Marcopolo

CARROCERIA



ELETROLISADOR

ESTOCAGEM / DISPENSER



IMPLANTAÇÃO / OPERAÇÃO

ES Eletropaulo

ENERGIA ELÉTRICA



OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

- Redução da emissões de poluentes
- Demonstrar a viabilidade dos ônibus, sua infra-estrutura de produção de hidrogênio e abastecimento, em condições reais de operação
- Desenvolver especificação para ônibus com célula a combustível baseado nos chassis e carrocerias brasileiras
- Acelerar a comercialização deste tipo de ônibus
- Adquirir e disseminar cultura técnica (operação, manutenção e fabricação)



Fase III

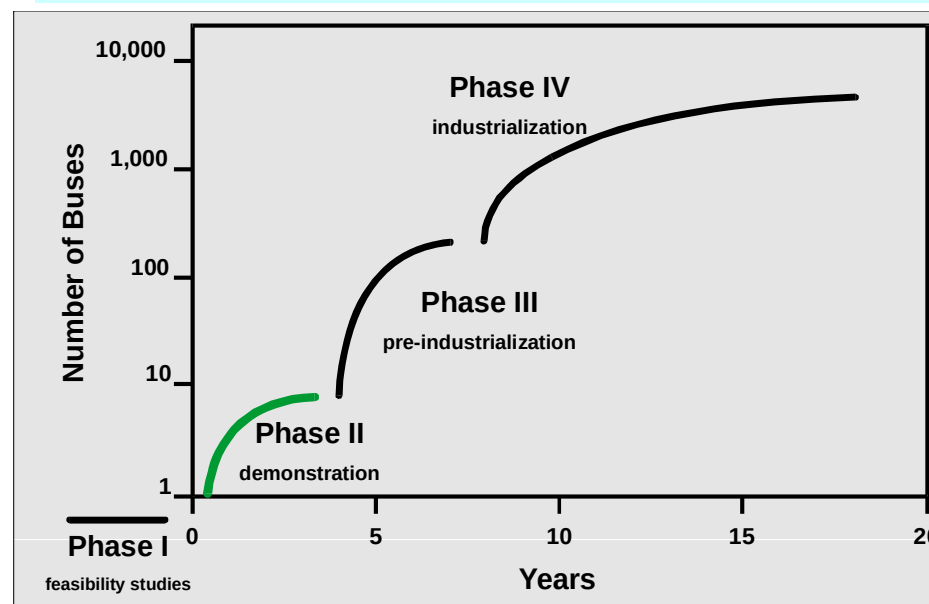
- Garagem com 200 ônibus e infraestrutura de produção de hidrogênio e abastecimento.

Fase IV

- Produção em escala comercial e industrial

Fase I

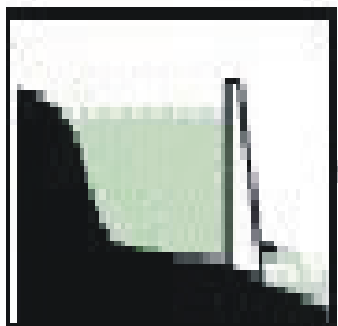
- Estudo de viabilidade do projeto e estratégia.
- Fase já concluída.



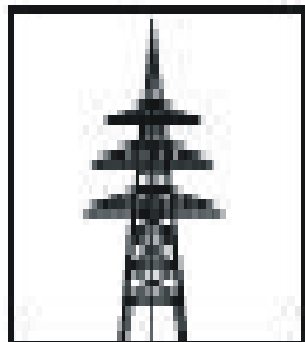
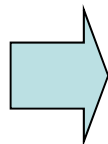
Fase II (Em andamento)

- Demonstração da viabilidade operacional de até 5 ônibus e da infraestrutura de produção e abastecimento de H₂.
- Operar os ônibus por 4 anos no Corredor Metropolitano S. Mateus - Jabaquara.
- Instalar e operar estação de produção, armazenamento e reabastecimento de hidrogênio.

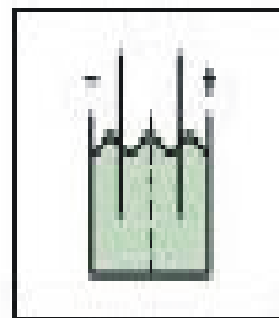
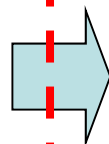
OPERAÇÃO - FASE II



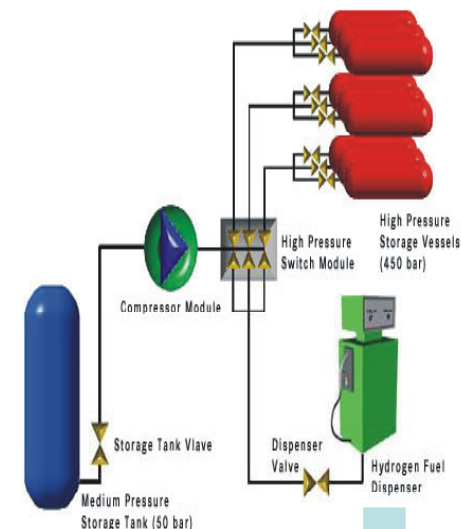
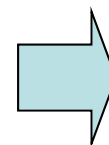
Energia
Hidroelétrica



Rede
Distribuição



Eletrolisador



Abastecimento



1ª ETAPA - OPERAÇÃO DE
1 PROTÓTIPO

2ª ETAPA - OPERAÇÃO DE
MAIS 3 OU 4
ÔNIBUS

CORREDOR METROPOLITANO



Extensão: 33km em operação

Eletrificado: 22 km

Passageiros: 6.0 milhões/mês

Frota: 195 ônibus

Linhas: 11

Terminais: 9





Futura Estação de Abastecimento de H2 da Petrobras





CARACTERÍSTICAS DO 1º ÔNIBUS



Tamanho: Padron 12 m / 3 portas

Capacidade: 90 passageiros

Ar Condicionado

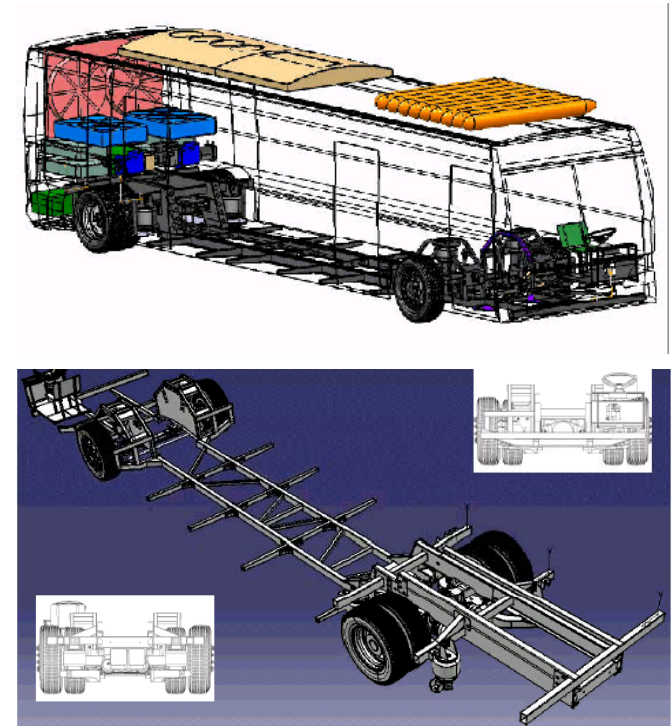
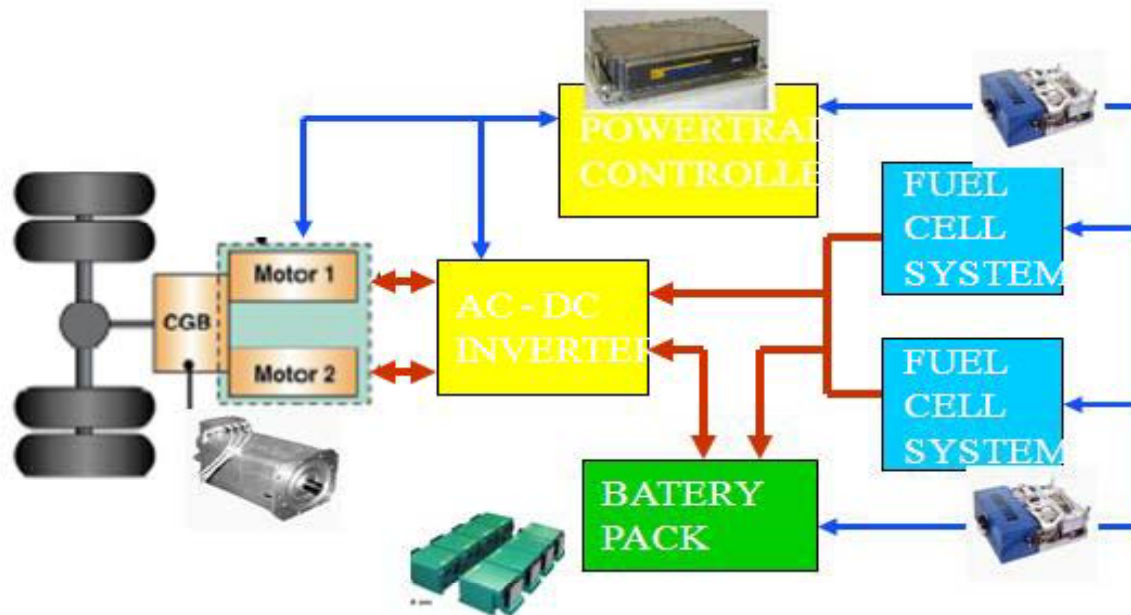
Low Floor

Potência: 210 kW

Autonomia: 300 km



NOVO CONCEITO



2 Sistemas Fuel Cell + Banco Baterias

- Potência ➡ adequada para todos tipos de ciclos
- Hibridisação ➡ + eficiência, menor consumo H₂, recuperação energia
- Modo de operação ➡ aumenta tempo vida da célula, redundância



CÉLULA A COMBUSTÍVEL

Peso do Motor: 220 kg*

Volume do Motor: 220 l*

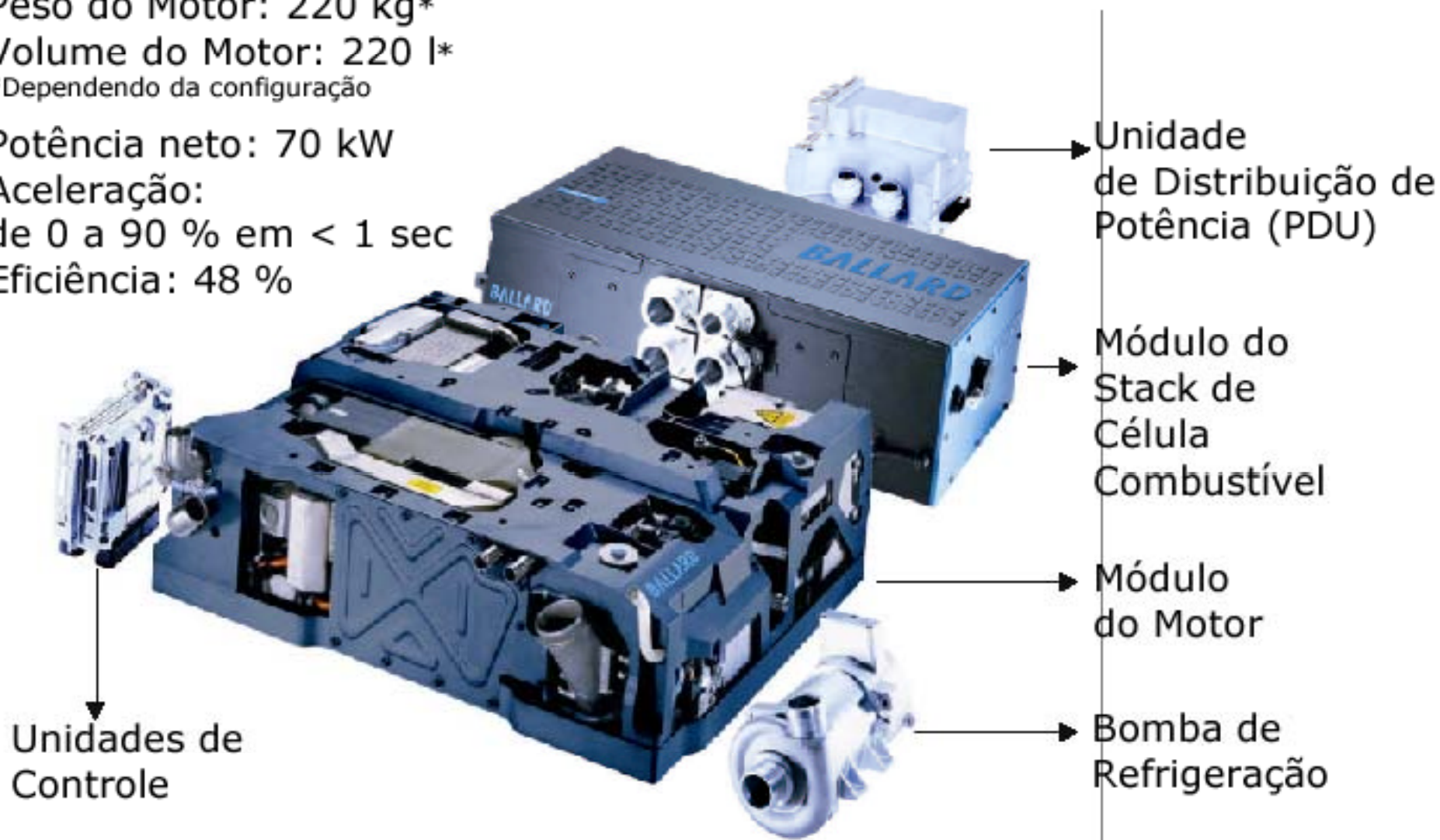
*Dependendo da configuração

Potência neto: 70 kW

Aceleração:

de 0 a 90 % em < 1 sec

Eficiência: 48 %





- Muito obrigado
pela atenção





The book cover is shown at an angle. It has a red spine and a light beige front cover. The title "INTRODUÇÃO À CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CÉLULAS A COMBUSTÍVEL" is printed in black and red. Below the title is the author's name "Marcelo Linardi". The bottom half of the cover features a photograph of a fuel cell stack connected to various wires and a large cylindrical component.

Marcelo Linardi convida para
o lançamento do livro

**INTRODUÇÃO À CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DE
CÉLULAS A COMBUSTÍVEL**

DATA: 06 DE MAIO DE 2010
HORÁRIO: 16 h
LOCAL: PRÉDIO DO ENSINO DO IPEN
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
ENDEREÇO: AV. PROF. LINEU PRESTES, 2242
CIDADE UNIVERSITÁRIA - BUTANTÃ - SÃO PAULO - SP

Artliber
EDITORA

www.ipen.br www.artliber.com.br

www.livrariacultura.com.br