

“O Alvorecer da Energia do Hidrogênio e Perspectivas para o Brasil”

*Paulo Emílio V. de Miranda
Alberto Coralli
Gustavo da Silva Nunes*

*Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE
Programa de Engenharia de Transportes
Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais
Laboratório de Hidrogênio*

*pmiranda@labh2.coppe.ufrj.br
Tel: (21) 3938-8791*



Yasmin Miranda, Auckland, NZ, 2019

GWP = Potencial de Aquecimento Global

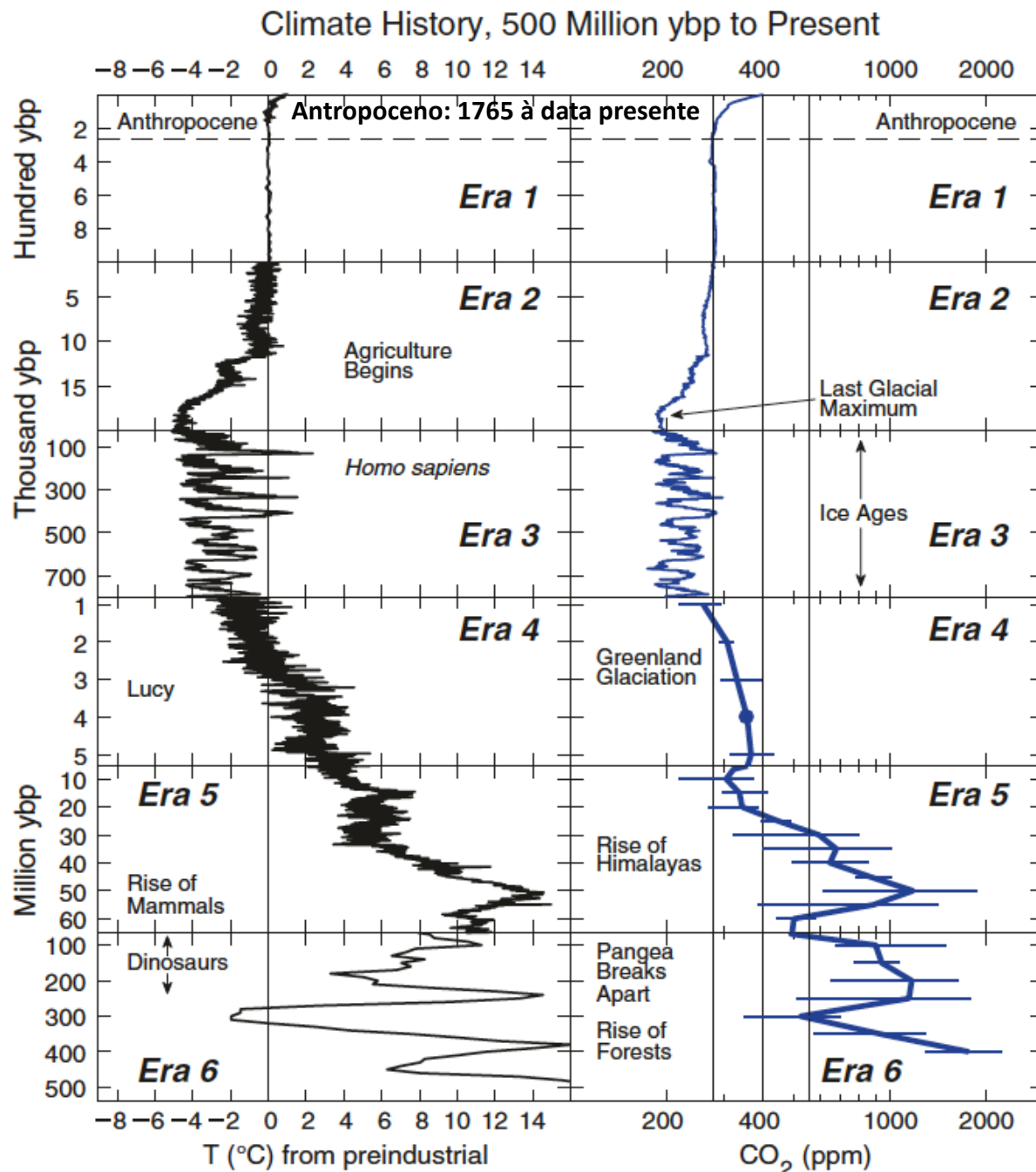
$$GWP(CH_4) = \frac{\int_0^{100 \text{ yrs}} a_{CH_4} \times CH_4(t) dt}{\int_0^{100 \text{ yrs}} a_{CO_2} \times CO_2(t) dt}$$

a = eficiência radiante
[W.m⁻²kg⁻¹]

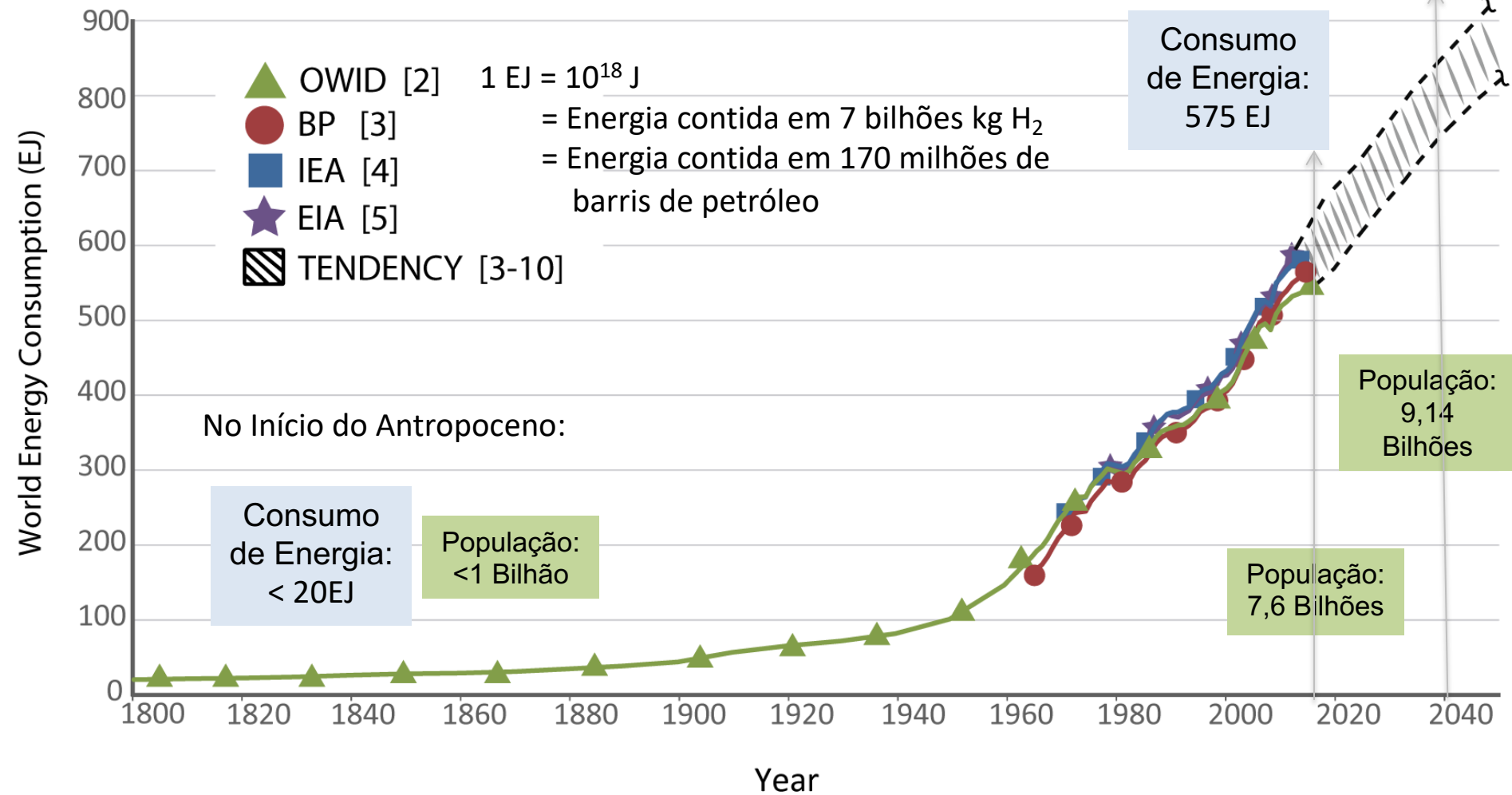
Metano: $GWP_{CH_4} = 28$

Óxido de Nitrogênio: $GWP_{N_2O} = 265$

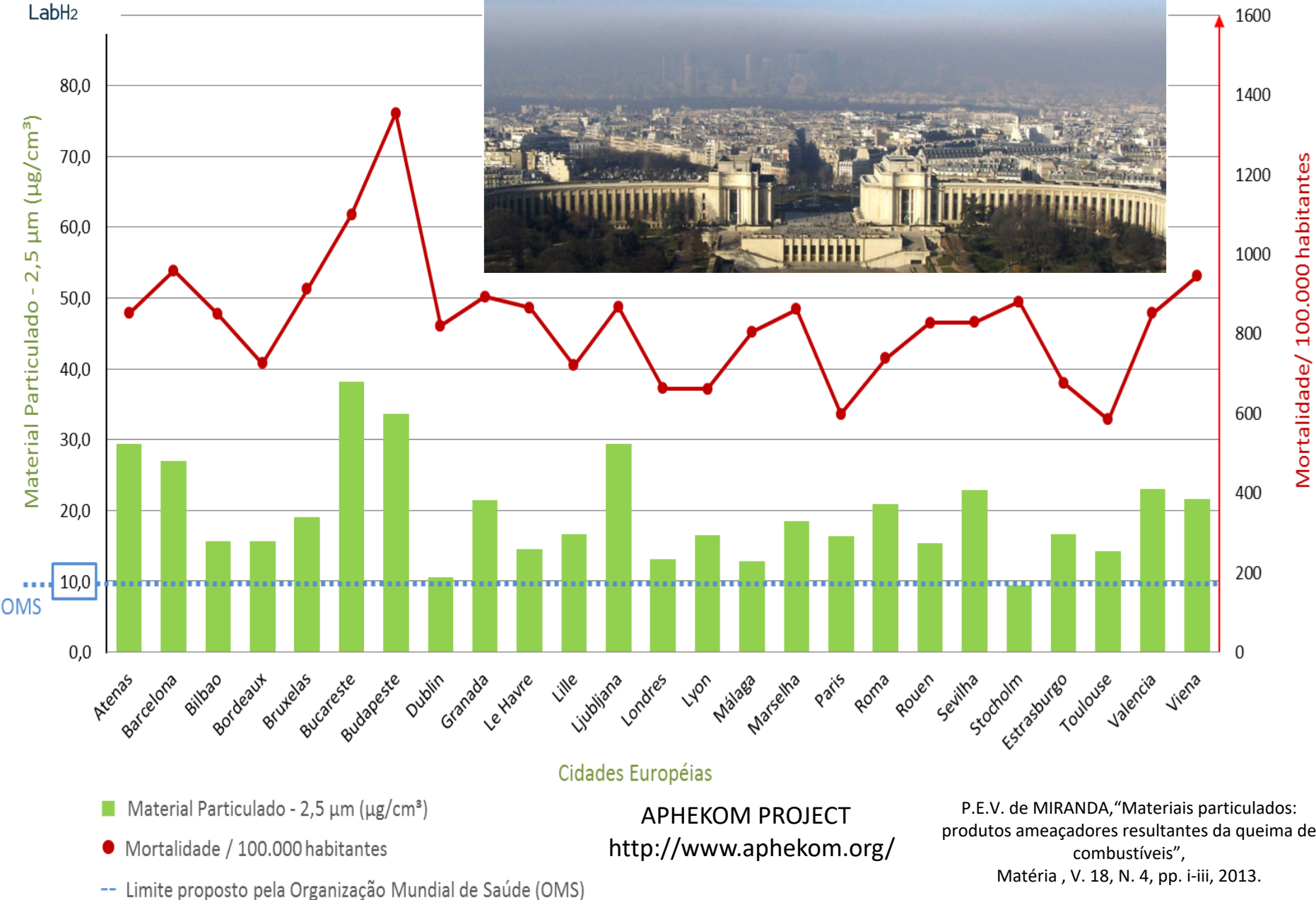
R.J.Salawitch, T.P.Canty, A.P.Hope, W.R.Tribett, B.F.Bennett, "**Paris Climate Agreement: Beacon of Hope**". Springer 2017.



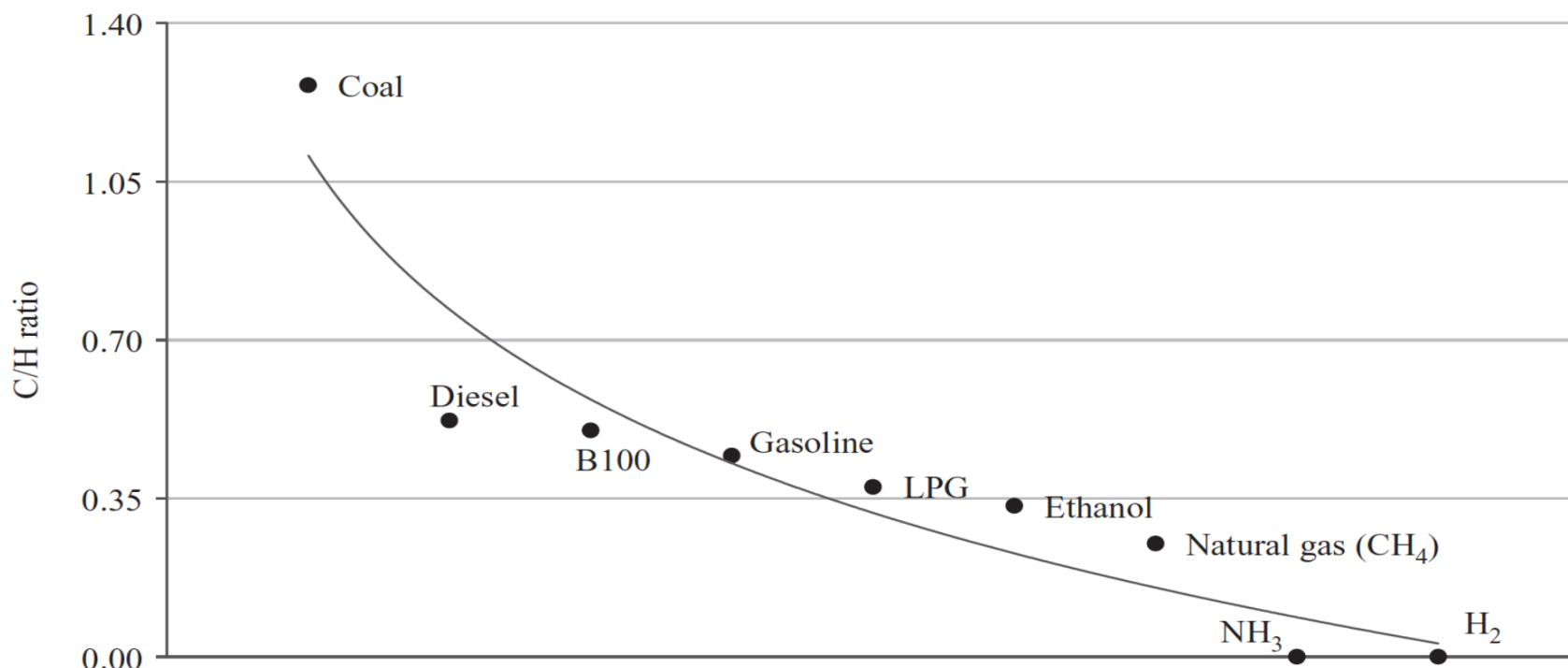
Consumo Mundial de Energia



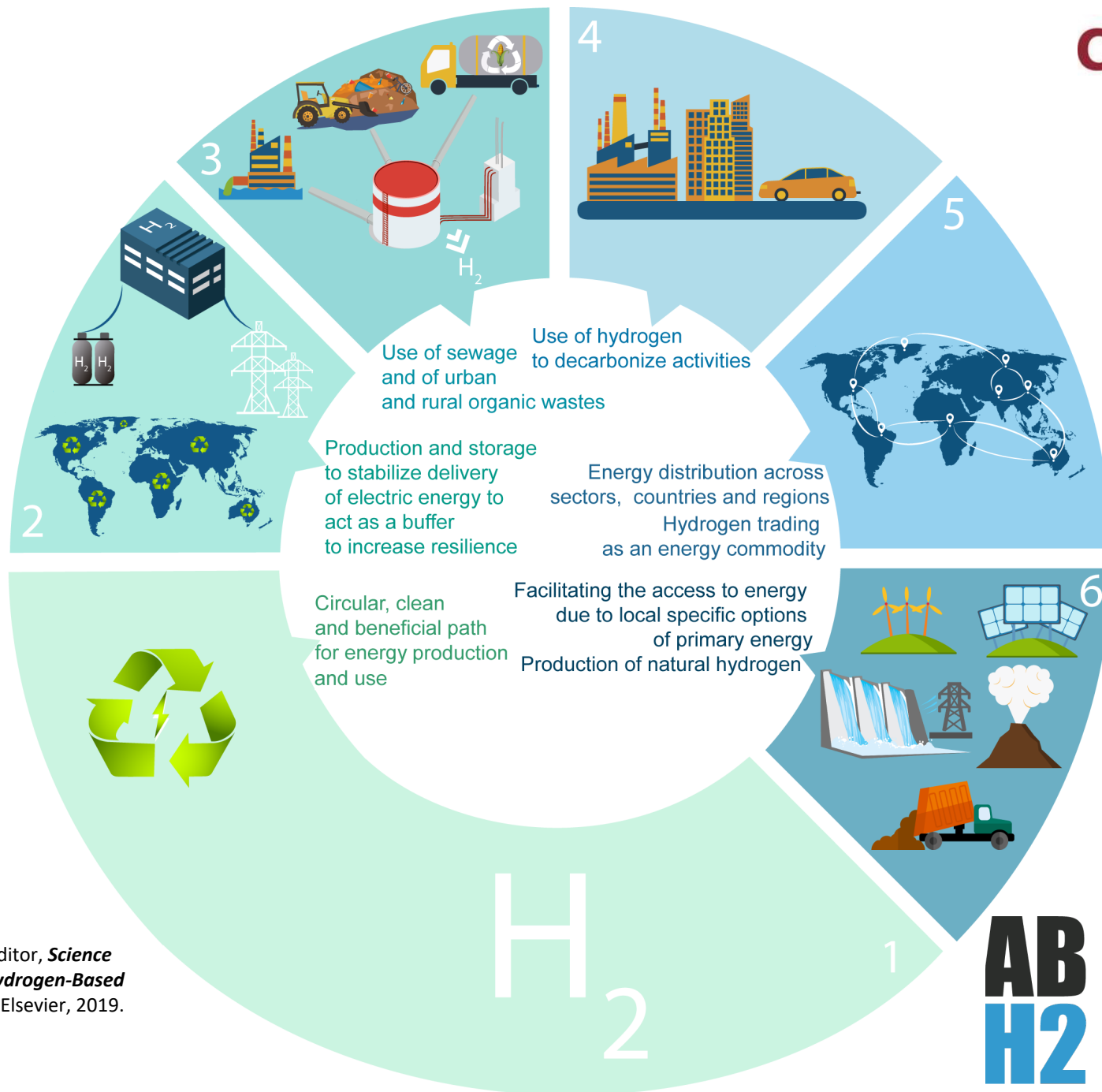
P.E.V. de Miranda, Editor, *Science and Engineering of Hydrogen-Based Energy Technologies*, Elsevier, 2019.



Trata-se da utilização de hidrogênio e de compostos que o contém para gerar energia a ser suprida para todos os usos práticos necessários, com elevada eficiência, fantásticos benefícios ambientais e sociais, com competitividade econômica.



I. Dincer, C. Zamfirescu, Sustainable Hydrogen Production, Elsevier (2016).



P.E.V. de Miranda, Editor, *Science and Engineering of Hydrogen-Based Energy Technologies*, Elsevier, 2019.



The International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy

Enabling the global adoption of hydrogen and fuel cells in the economy

Member Countries

IPHE has 19 members (18 countries and the European Commission): Australia, Austria, Brazil, Canada, China, EU Commission, France, Germany, Iceland, Italy, Japan, Republic of Korea, Republic of South Africa, Netherlands, Norway, Russian Federation, United Kingdom, and United States.

Top Priorities



SHARE
INFORMATION



INFORM FUTURE
GOVERNMENT RD&D

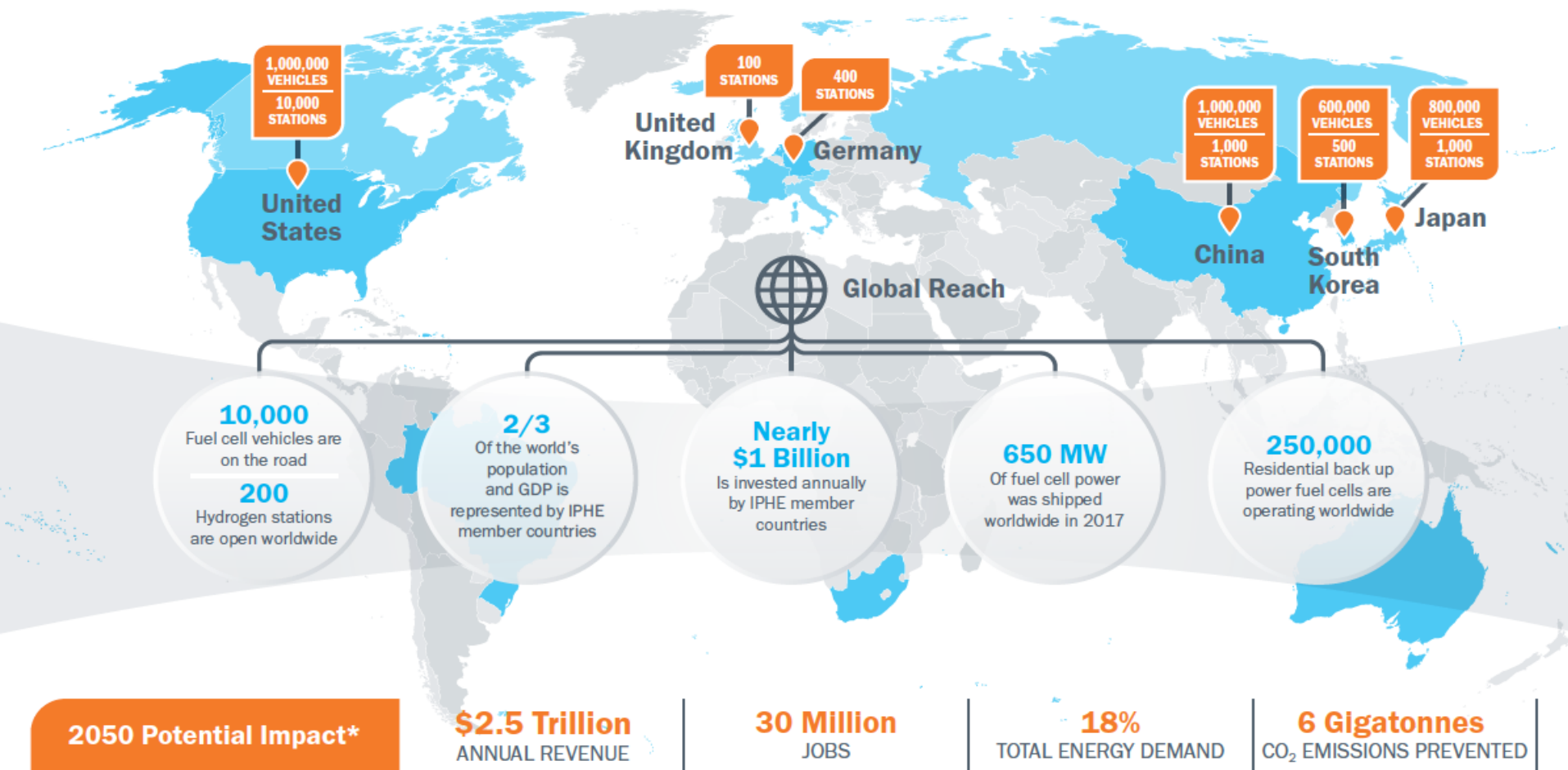


FOSTER
COLLABORATION

 IPHE Member Countries



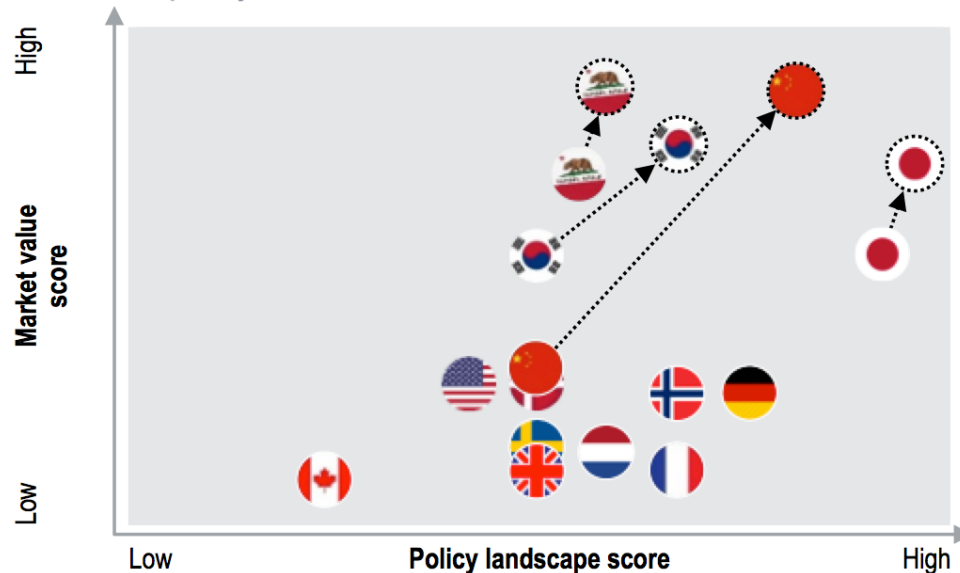
2030 Vehicles & Stations Goal



*Industry estimates

2 Bilhões de Euros por Ano – 2017 a 2021

Schematic policy effectiveness assessment



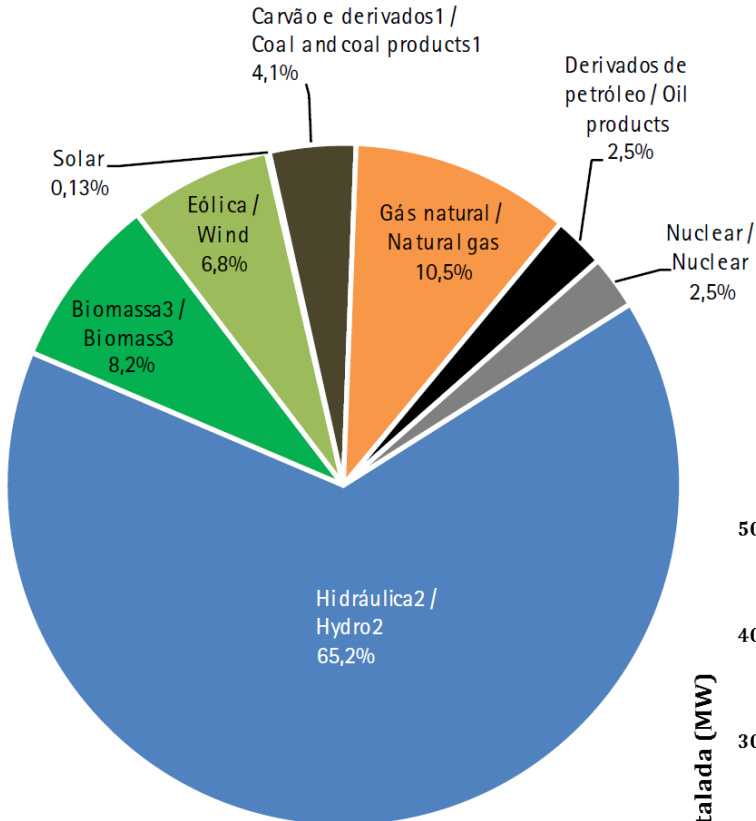
2050:



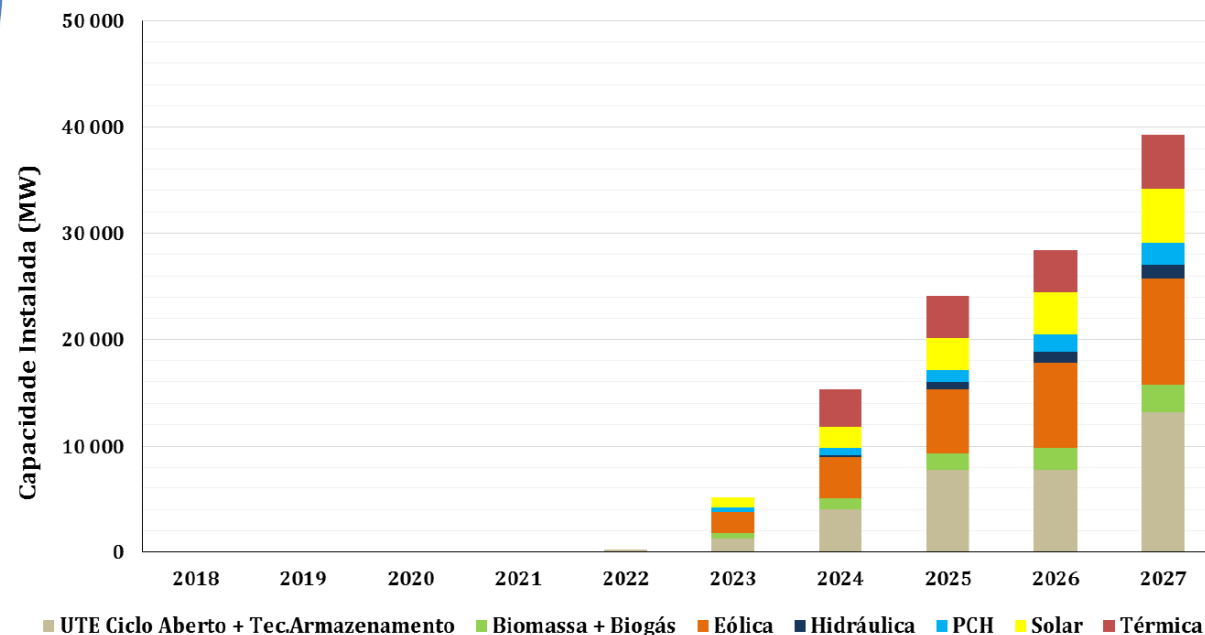
ELETRICIDADE: RENOVÁVEL 80,3% (2017)

PERSPECTIVA FUTURA:

- RELEVANTE EXPANSÃO da GERAÇÃO ELÉTRICA
- AUMENTO das RENOVÁVEIS NÃO DESPACHÁVEIS



Balço Energético Nacional 2018: Ano base 2017, Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro: EPE, 2018.

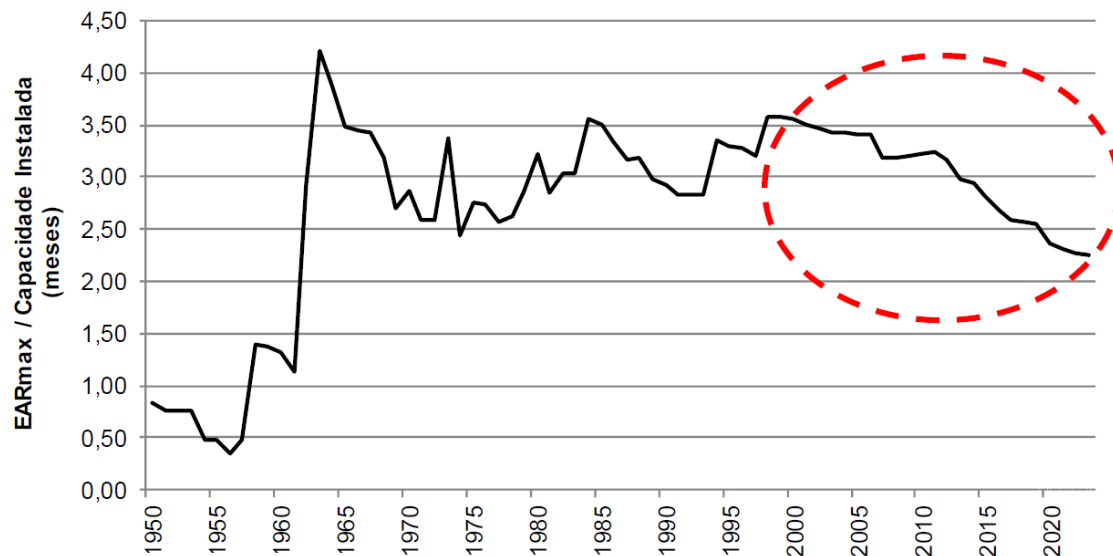


Plano Decenal de Expansão de Energia 2027, Ministério de Minas e Energia - Empresa de Pesquisa Energética, Brasília: MME/EPE, 2018.

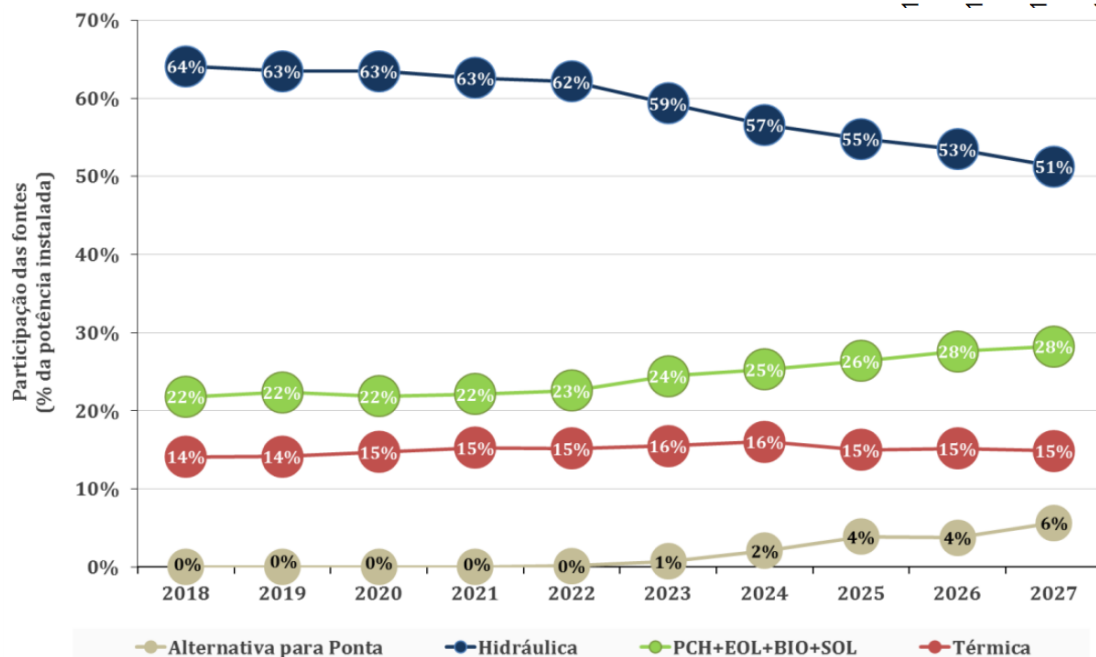
H₂: GERAÇÃO DE PONTA

→ **QUEDA da CAPACIDADE de ARMAZENAMENTO de ENERGIA**

→ **NECESSIDADE de ARMAZENAMENTO e GERAÇÃO nos PICOS de DEMANDA**



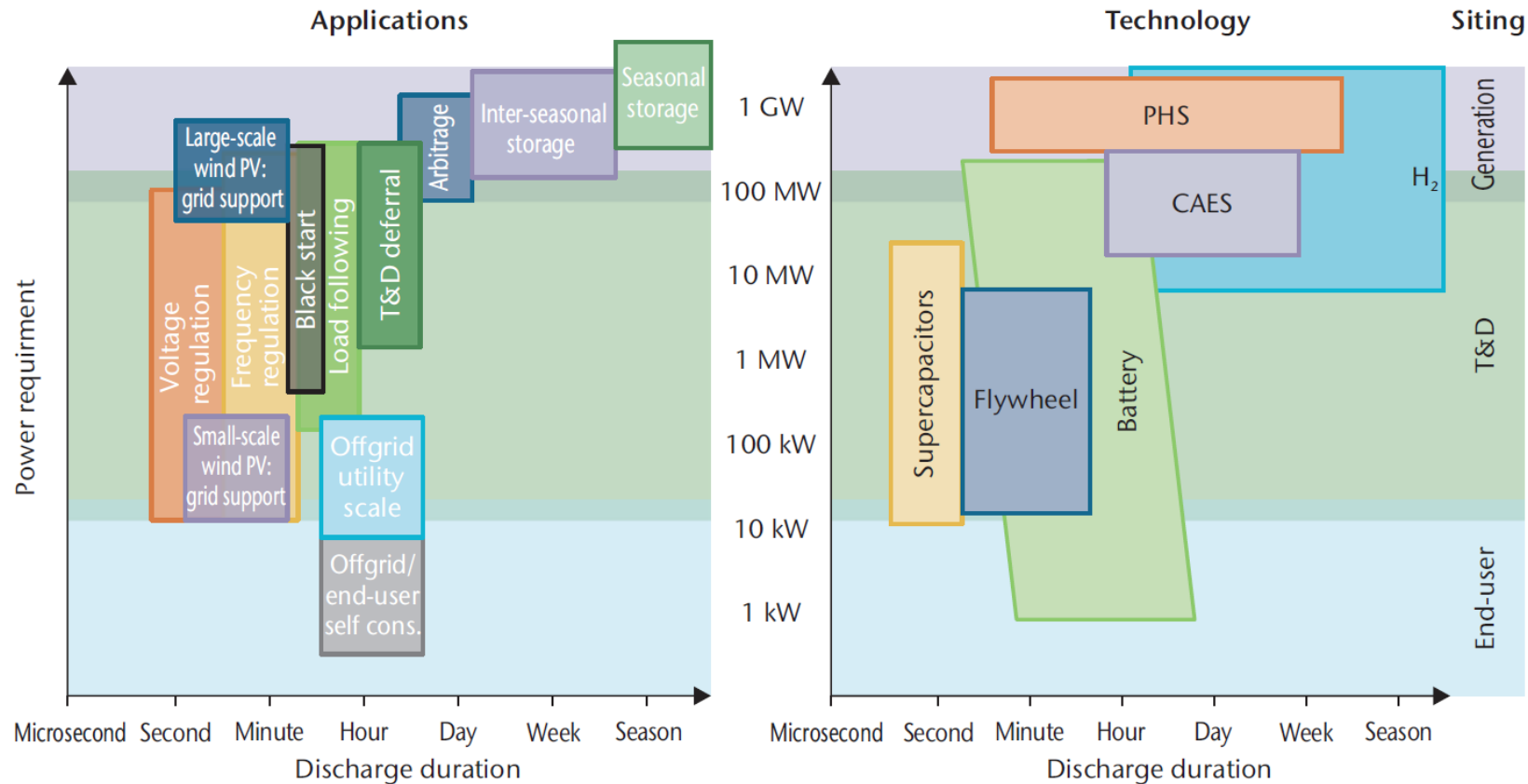
Falcetta, F.A.M. *Evolução da capacidade de regularização do sistema hidrelétrico brasileiro*, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2015.



**HIDROGÊNIO:
SOLUÇÃO para PRODUÇÃO de
ELETRICIDADE NOS PICOS**

Plano Decenal de Expansão de Energia 2027, Ministério de Minas e Energia - Empresa de Pesquisa Energética, Brasília: MME/EPE, 2018.

H₂: ARMAZENAMENTO DE ENERGIA



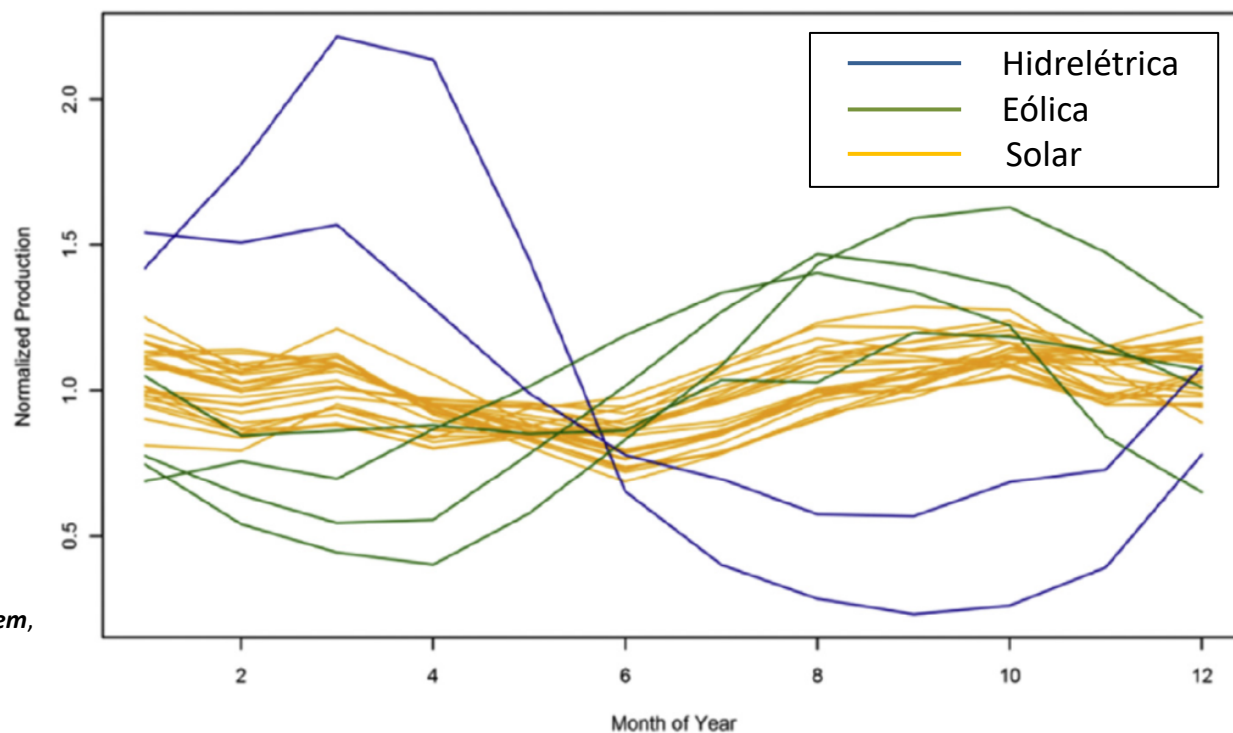
Note: CAES = compressed air energy storage; PHS = pumped hydro energy storage.

Technology Roadmap

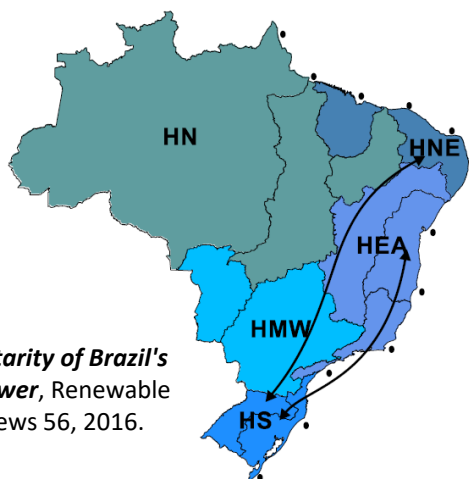
Hydrogen and Fuel Cells, International Energy Agency, Cedex: OECD/IEA, 2015.

HIDROGÊNIO: SOLUÇÃO para ARMAZENAMENTO de LONGO PRAZO de GRANDES QUANTIDADES de ENERGIA

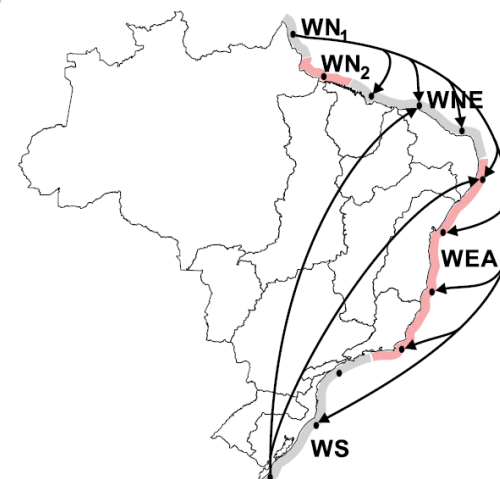
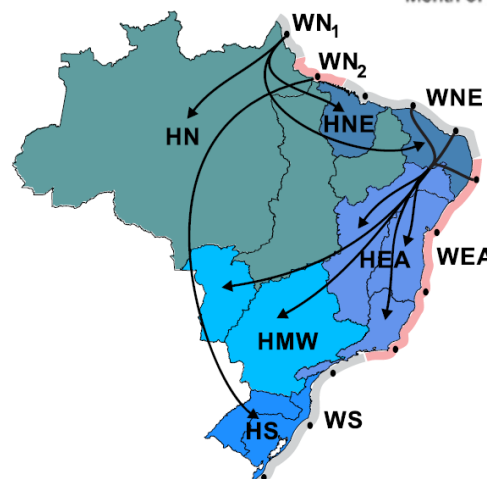
RECURSOS RENOVÁVEIS no BRASIL: COMPLEMENTARES em ESCALA ANUAL



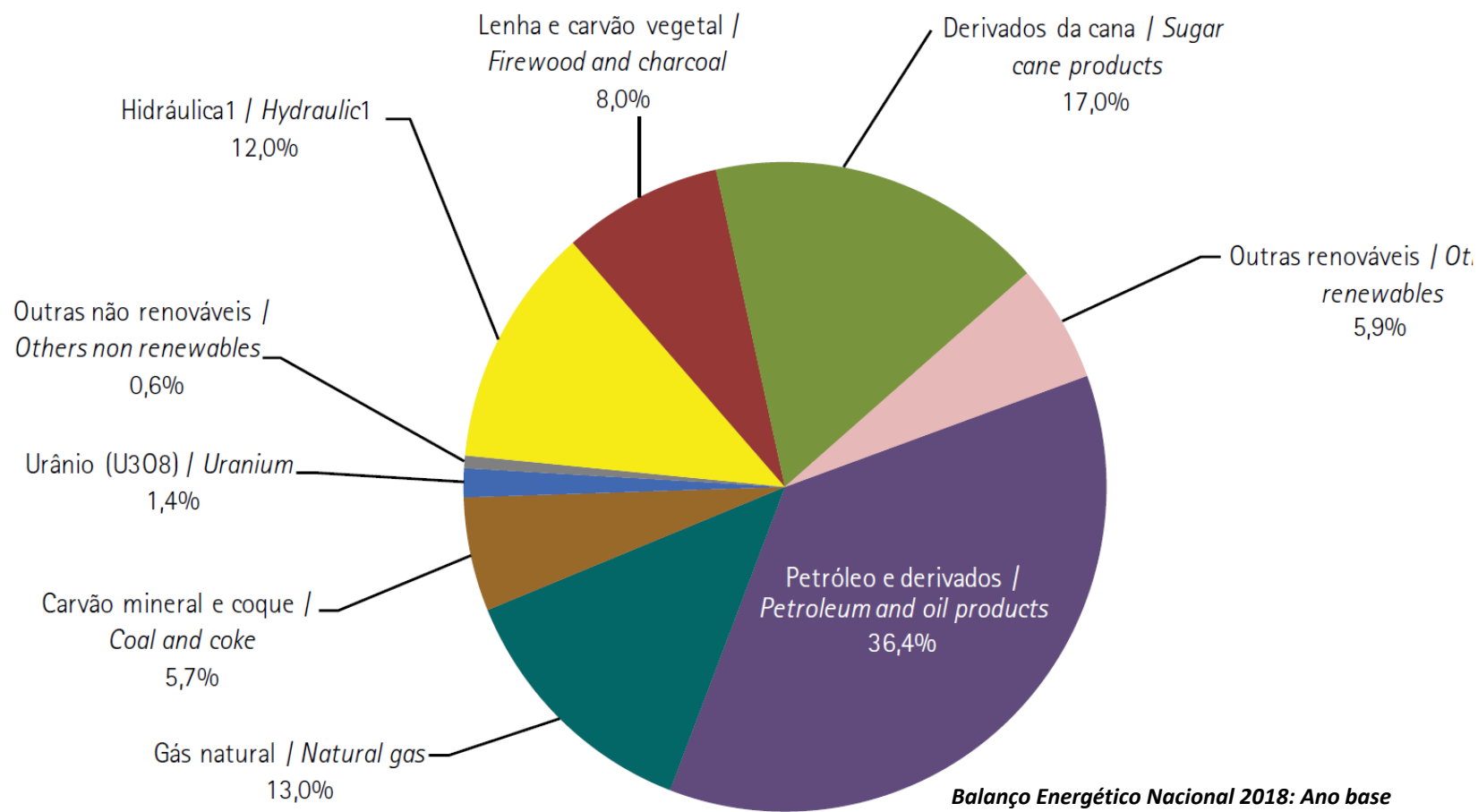
Schmidt, J. et al. *The role of wind power and solar PV in reducing risks in the Brazilian hydro-thermal power system*, Energy 115, 2016.



Silva, A.R. et al. *Complementarity of Brazil's hydro and offshore wind power*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 56, 2016.



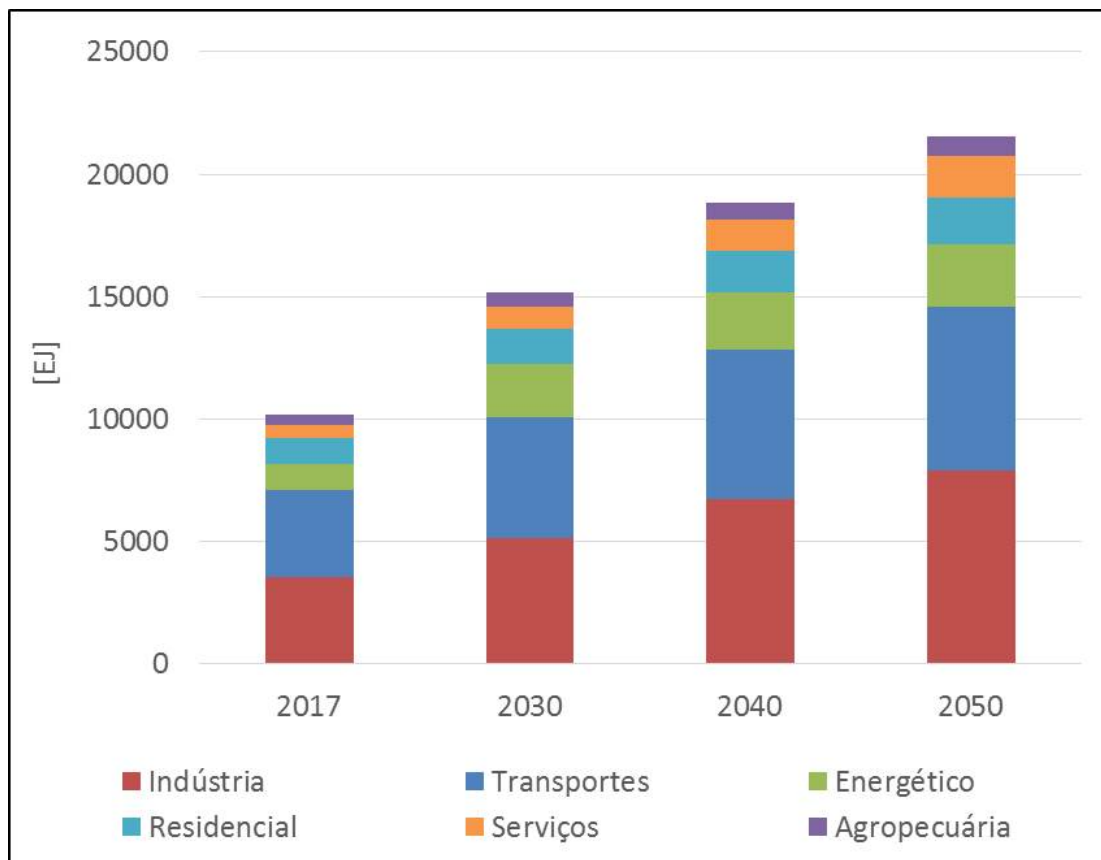
ENERGIA PRIMÁRIA: RENOVÁVEL 42,9% (2017)



Balanco Energético Nacional 2018: Ano base 2017, Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro: EPE, 2018.

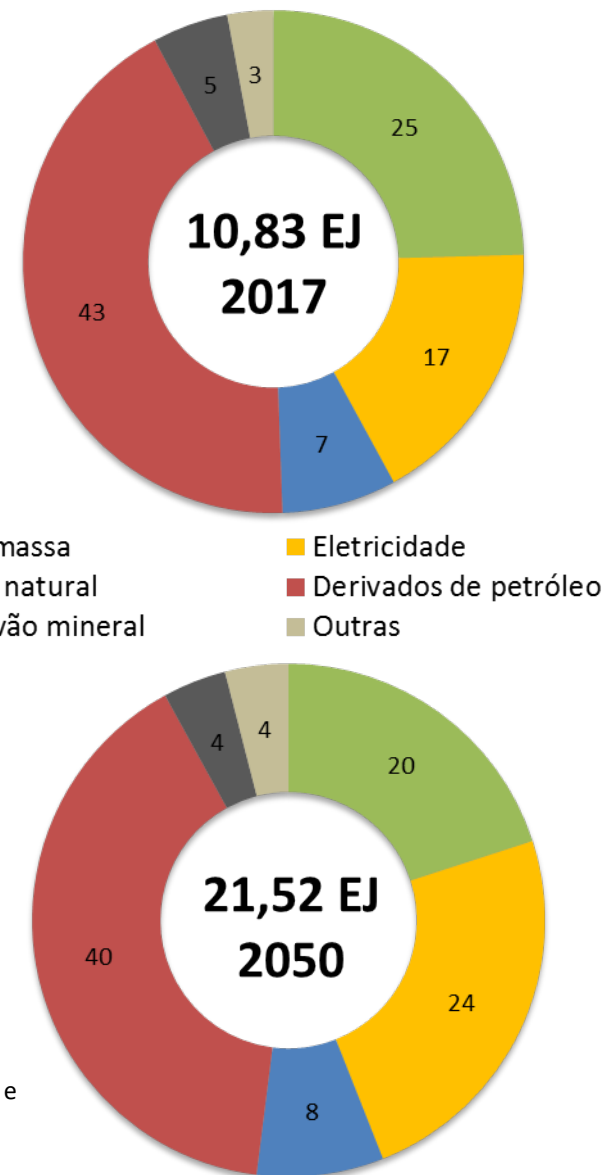
Previsão da EPE para o Futuro da Energia no Brasil

→ RELEVANTE INCREMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA



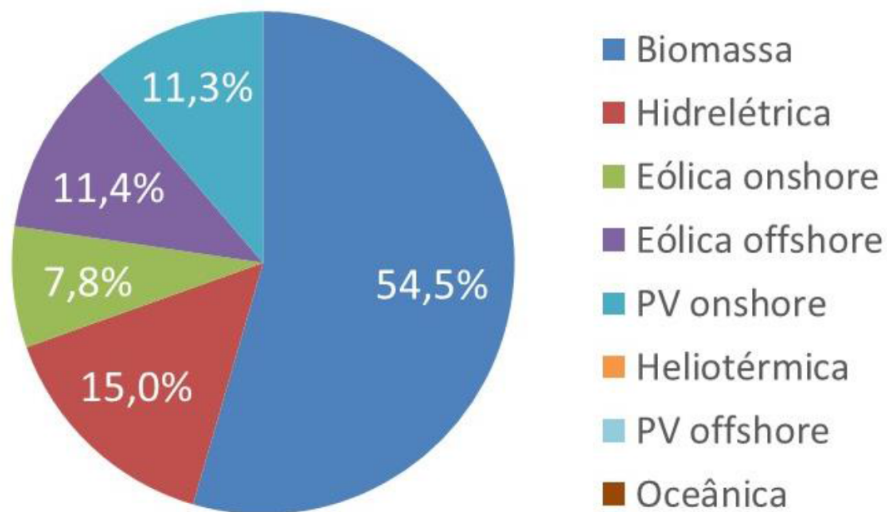
→ PARCELA NÃO RENOVÁVEL ≈ INALTERADA

→ NÃO CONSIDERA O HIDROGÊNIO EM 2050



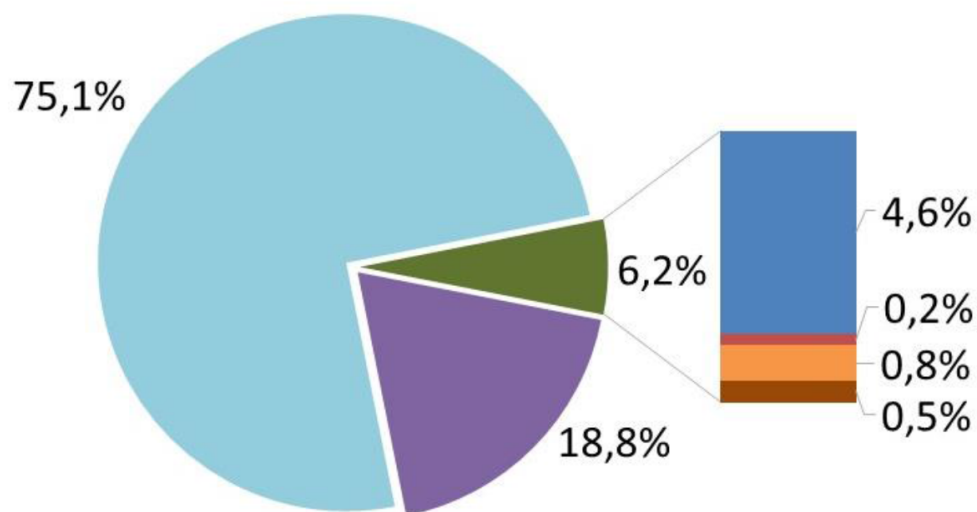
Cenários de Demanda para o PNE 2050, Ministério de Minas e Energia - Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro: MME/EPE, 2018.

RENOVÁVEIS “FÁCEIS”: 16 EJ

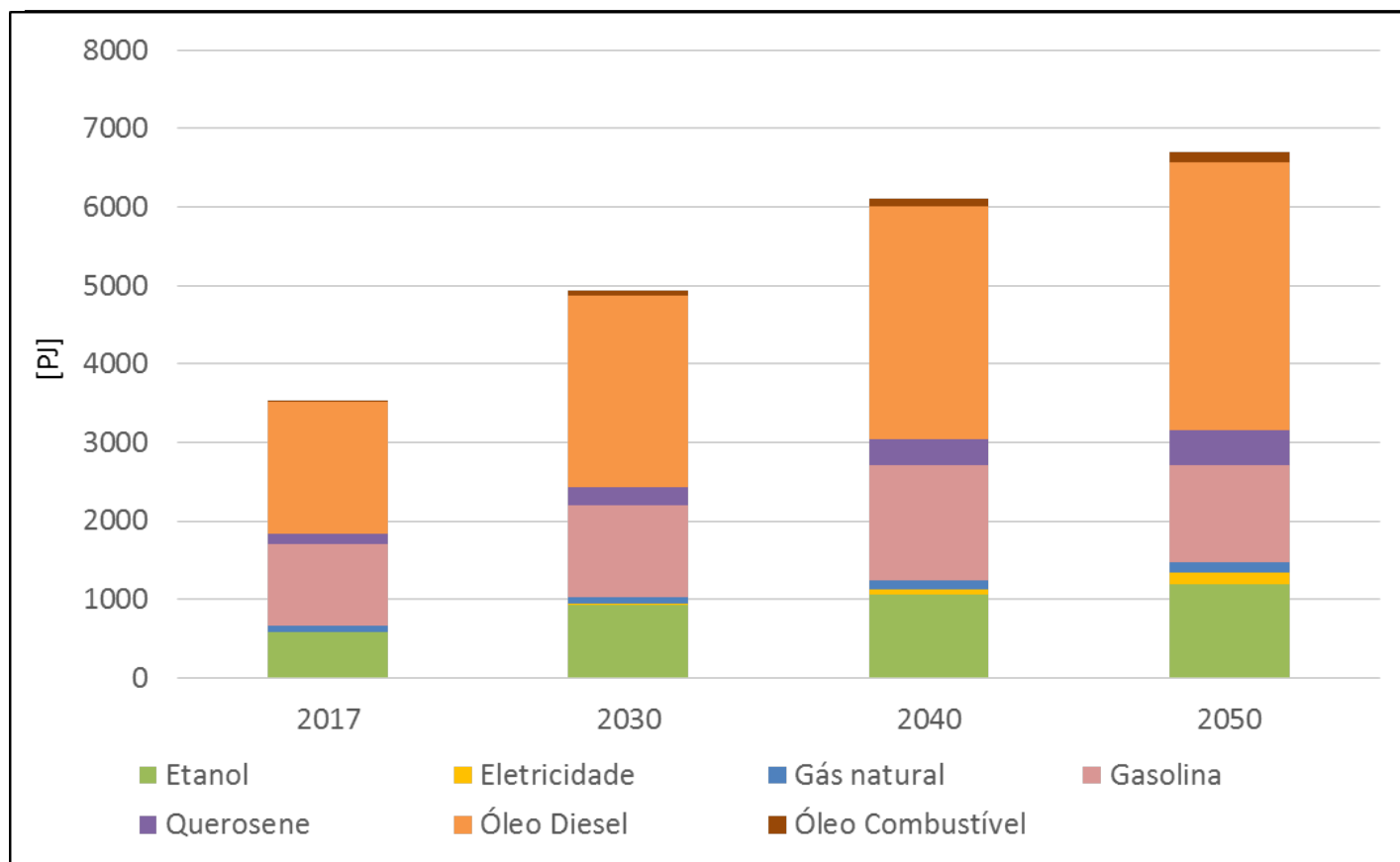


Potencial dos Recursos Energéticos no Horizonte 2050, Nota Técnica PR 04/18, Ministério de Minas e Energia - Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro: MME/EPE, 2018.

RENOVÁVEIS “DIFÍCEIS”: 293 EJ



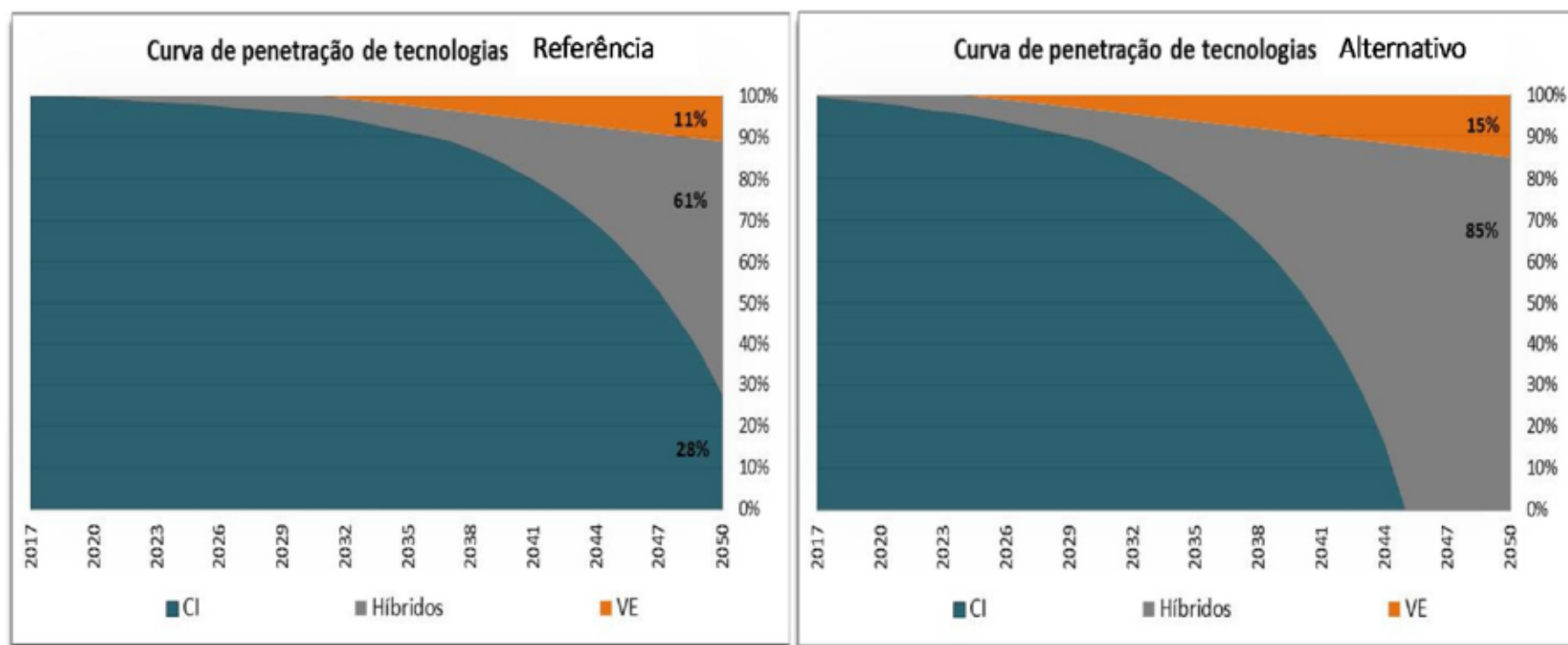
PROJEÇÃO da EPE para o CONSUMO de energia no SETOR de TRANSPORTE



→ A EPE prevê que em 2050 o TRANSPORTE será ainda MAJORITARIAMENTE NÃO RENOVÁVEL

PREVISÃO de LIMITADA PENETRAÇÃO de NOVAS TECNOLOGIAS para o TRANSPORTE – VEÍCULOS LEVES (Sem Intervenção de Políticas Públicas)

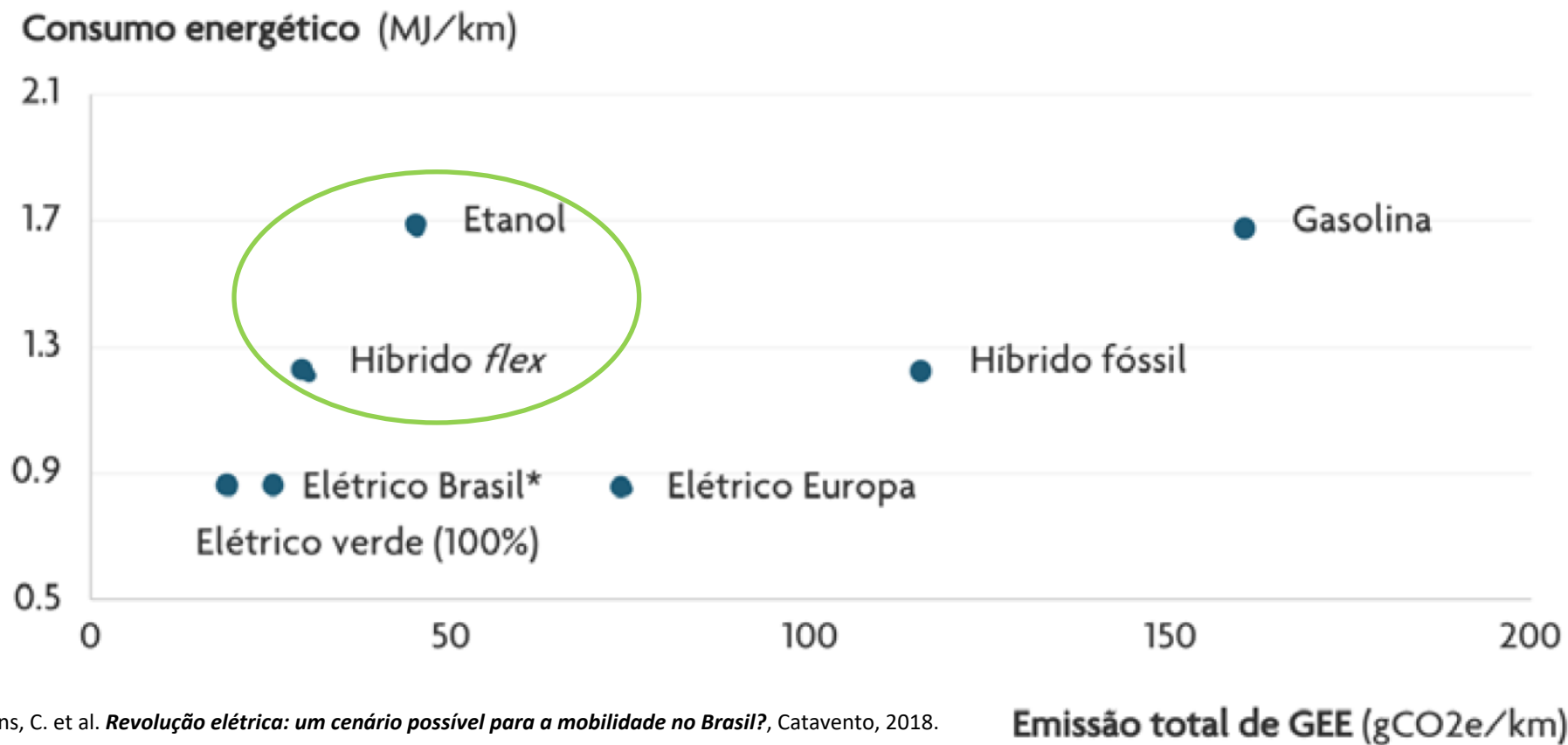
Cenários de penetração de veículos híbridos, elétricos e a combustão interna no total de licenciamentos de veículos leves no Brasil



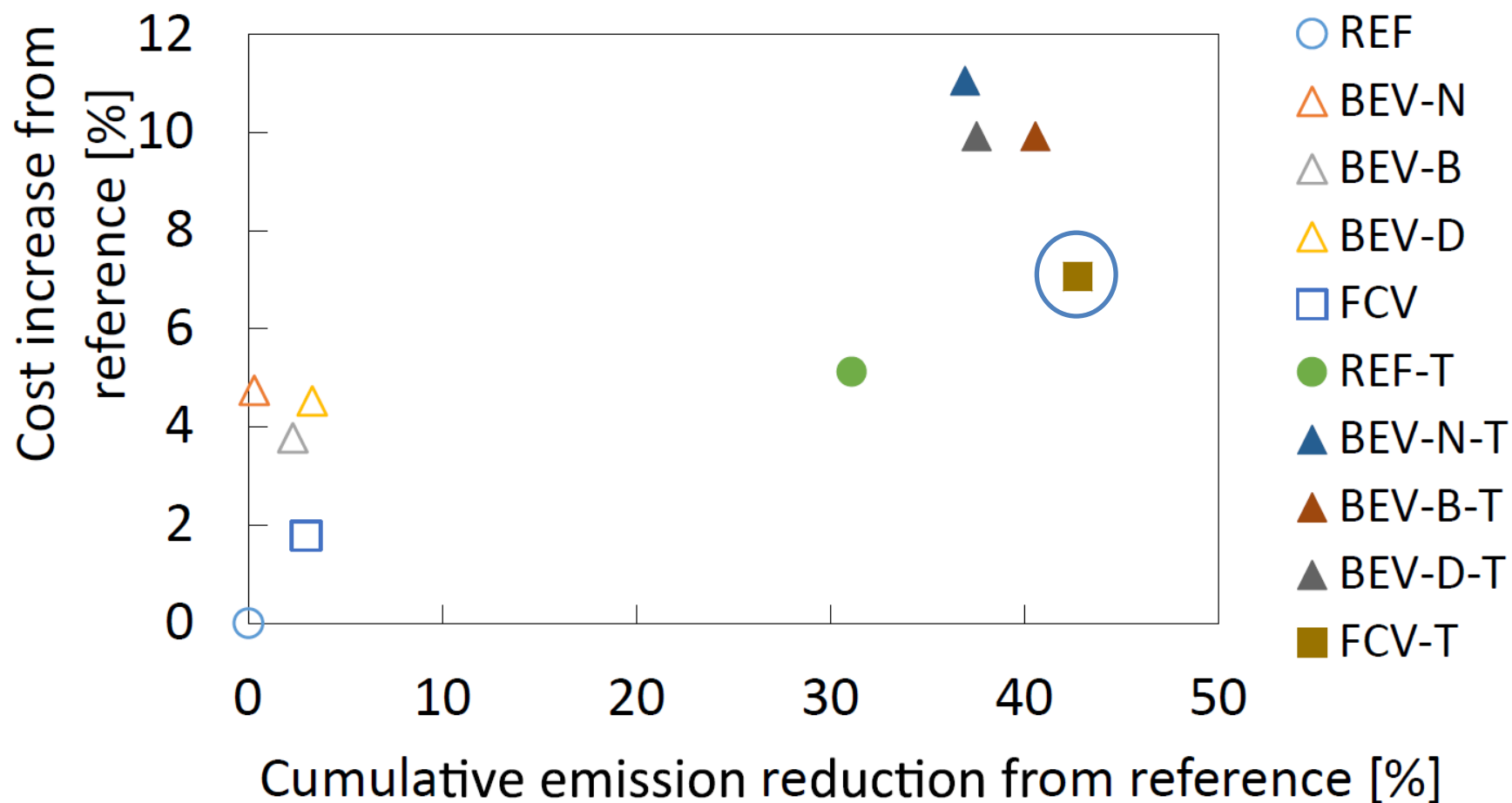
Fonte: Elaboração própria EPE

Nota: Veículos a combustão interna (CI) incluem micro e mini-híbridos, pois esses são inovações incrementais de veículos a combustão interna e a eletricidade não é utilizada efetivamente para a propulsão do veículo.

Eletromobilidade e Biocombustíveis - Documento de Apoio ao PNE 2050, Ministério de Minas e Energia - Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro: MME/EPE, 2018.



→ ETANOL: ÓTIMA ESCOLHA NACIONAL PARA DESCARBONIZAÇÃO DOS VEÍCULOS LEVES



Keller, V. et al. *Electricity system and emission impact of direct and indirect electrification of heavy-duty transportation*, Energy 172, 2019.

**→ VEÍCULOS HÍBRIDOS ELÉTRICOS COM PILHAS A COMBUSTÍVEL:
MELHOR TECNOLOGIA PARA DESCARBONIZAÇÃO DOS VEÍCULOS PESADOS**

CENÁRIO LABH2 – COPPE/UFRJ PARA O HIDROGÊNIO NO BRASIL EM 2050

PREMISSAS:

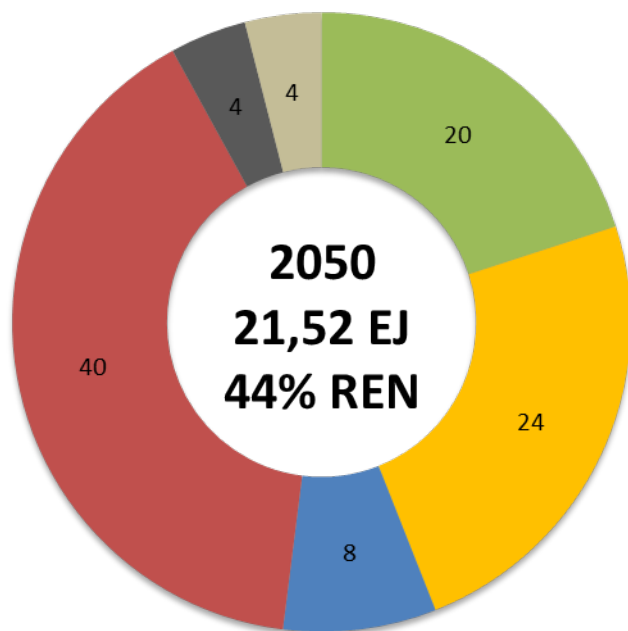
- PRODUÇÃO ELÉTRICA 100% RENOVÁVEL
- TRANSPORTE LEVE COMPLETAMENTE DESCARBONIZADO (ETANOL, VE, VE-PaC)
- TRANSPORTE PESADO PARCIALMENTE DESCARBONIZADO (VE-PaC)
- TRANSPORTES AQUAVIÁRIO E AÉREO NÃO DESCARBONIZADOS
- INDÚSTRIA PARCIALMENTE DESCARBONIZADA
- SETOR AGROPECUÁRIO PARCIALMENTE DESCARBONIZADO
- SETORES RESIDENCIAL E DE SERVIÇOS COMPLETAMENTE DESCARBONIZADOS

VANTAGENS/FATORES INDUTORES:

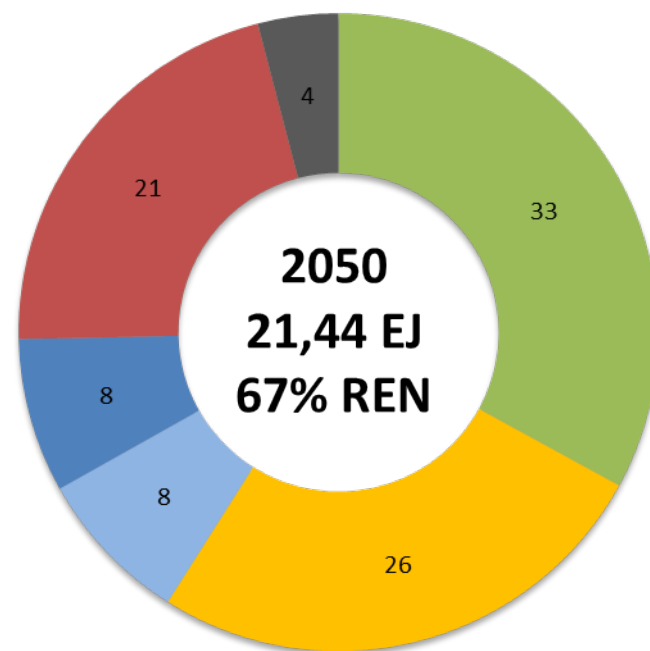
- A ENERGIA BRASILEIRA É HOJE MUITO MAIS RENOVÁVEL QUE A MÉDIA MUNDIAL
- NÃO HÁ A PRESSÃO DE OUTROS PAÍSES SOBRE VEÍCULOS LEVES DEVIDO À OPÇÃO DO ETANOL
- A FROTA DE ÔNIBUS (E OUTROS VEÍCULOS PESADOS) A DIESEL É GRANDE E MUITO ONEROSA
- O BRASIL TERÁ ELEVADO GRAU DE URBANIZAÇÃO EM 2050 > 90%

Potencial do Hidrogênio no Brasil em 2050

EPE



LABH2 – COPPE/UFRJ

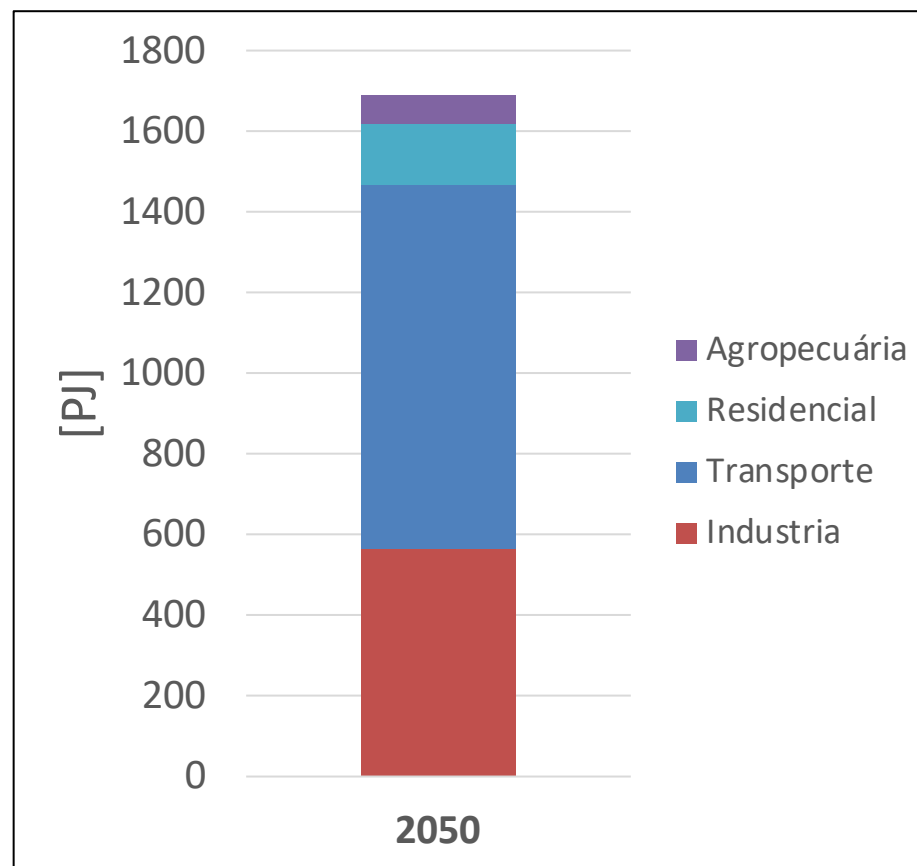


→ **CENÁRIO LABH2 – COPPE/UFRJ pode ser satisfeito APENAS com RECURSOS RENOVÁVEIS “FÁCEIS”**

→ **8% da ENERGIA TOTAL em forma de HIDROGÊNIO no BRASIL em 2050 (PREVISÃO MUNDIAL 18%)**

CONSUMO DE HIDROGÊNIO

**POTENCIAL para uso do HIDROGÊNIO no BRASIL em 2050
(Projeção LABH2 – COPPE/UFRJ): 1689 PJ**





“Um dia, água será empregada como combustível. O hidrogênio e o oxigênio utilizados isolada ou simultaneamente fornecerão fonte de calor e luz inesgotáveis e de uma intensidade de que o carvão seria incapaz.

A água é o carvão do futuro.”

1874

Jules Verne