



Evolução das Matrizes Elétricas Mundiais - Resumida

Prof. Ricardo Accioly

2024-12-11

<https://Projeto-Extensão-Transição-Energética>

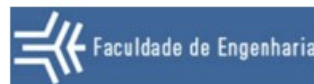


Projeto de Extensão Transição Energética:

- Vantagens e desafios técnicos das energias renováveis para o equilíbrio entre custos, segurança e mudanças climáticas



**Departamento de
Estatística**



ELE
Depto. de Eng. Elétrica





Agenda

1. Mudanças Climáticas e GEE
2. Produção de Energia - Matrizes
3. Matriz Energética Mundial e Brasileira
4. Matriz Elétrica Mundial e Brasileira
5. Highlights
6. Conclusões



1 Mudanças Climáticas e GEE



udanças Climáticas

- A temperatura média do planeta Terra aumentou em torno de $0,5^{\circ}\text{C}$ nos últimos 100 anos e cientistas estimam que deva aumentar em 4°C até o final desse século.
- O aumento da temperatura média do planeta tende a alterar as condições climáticas (circulação atmosférica, chuvas e secas), provocando mudanças nas diferentes regiões do globo.



udanças Climáticas

- A temperatura média do planeta está aumentando porque as atividades humanas estão emitindo para a atmosfera grande quantidade de gases de efeito estufa (GEE).
- Os GEE são importantes para o equilíbrio climático do planeta, pois são compostos gasosos que aprisionam calor na atmosfera, o que é fundamental para a vida por aqui. Se não existissem esses gases na atmosfera a temperatura do planeta seria tão baixa que impediria a existência de boa parte dos seres vivos que conhecemos atualmente.



ases de Efeito Estufa (GEE)

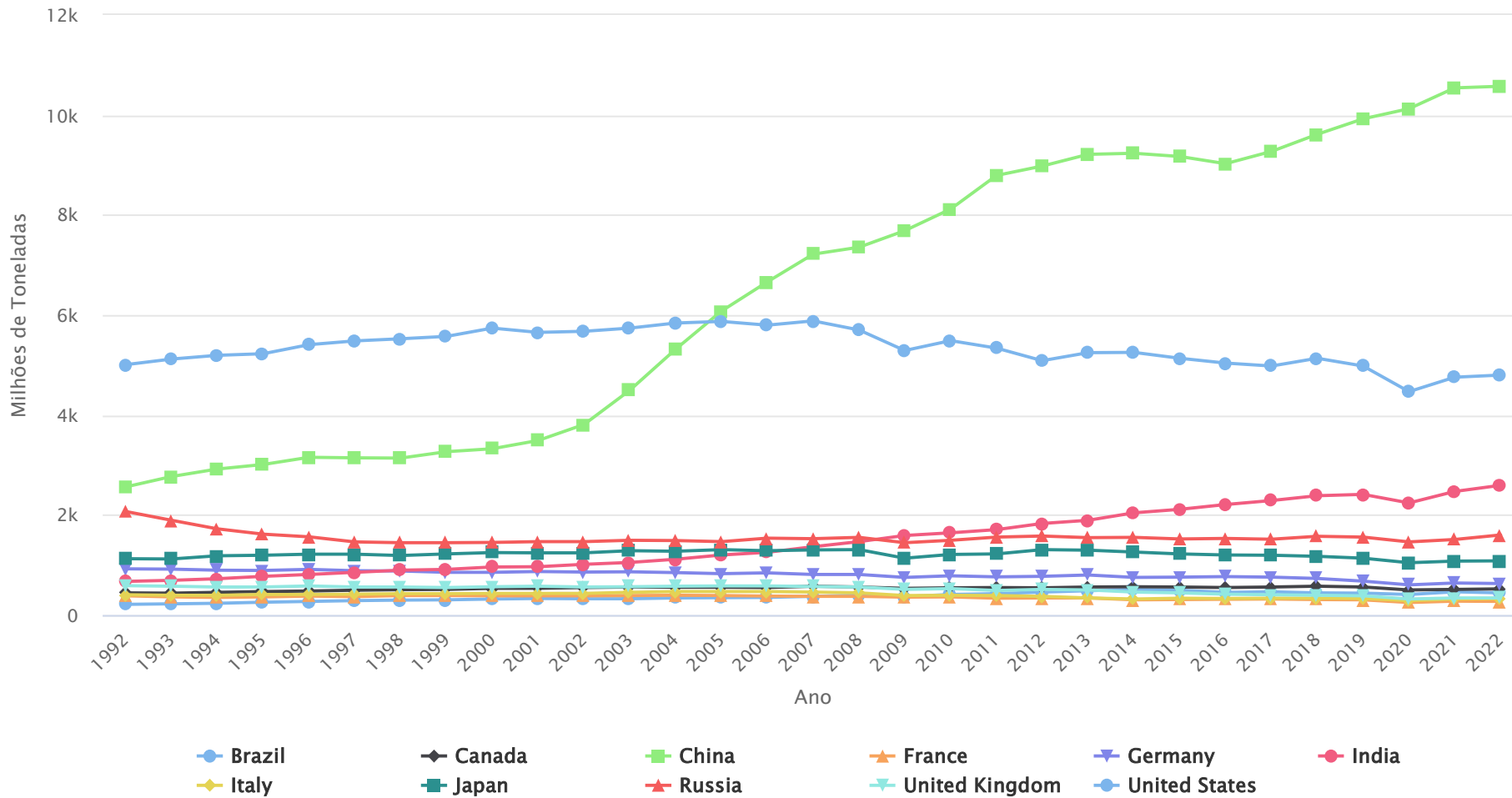
- O principal gerador de GEE são os combustíveis fósseis:
 - carvão mineral
 - os derivados de petróleo (como a gasolina e o óleo diesel)
 - gás natural.
- Os principais GEE emitidos na queima desses combustíveis são o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e o vapor de água (H_2O). O CO_2 , também chamado de gás carbônico, é o GEE mais relevante, por estar em maior volume nessas emissões.



Emissões de CO2

Emissões de CO2 de Energia (Milhões de Toneladas)

Fonte: Statistical Review of World Energy, 2024



<https://Projeto-Extensão-Transição-Energética>



2 Produção de Energia - Matrizes



rodução de Energia

- Uma parte importante das emissões de GEE é a produção de energia
- Portanto, para atender a COP21 são necessárias transformações nas matrizes energéticas e elétricas mundiais.
- E o que são estas matrizes?



Matriz Energética e Elétrica

- Muitas vezes se confunde a matriz energética com a matriz elétrica.
- A matriz energética representa o conjunto de fontes de energia utilizadas para movimentar os carros, preparar a comida no fogão, gerar eletricidade, entre outras coisas.
- Já a matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes utilizadas apenas para a geração de energia elétrica.
- Dessa forma, podemos concluir que a matriz elétrica é parte da matriz energética.



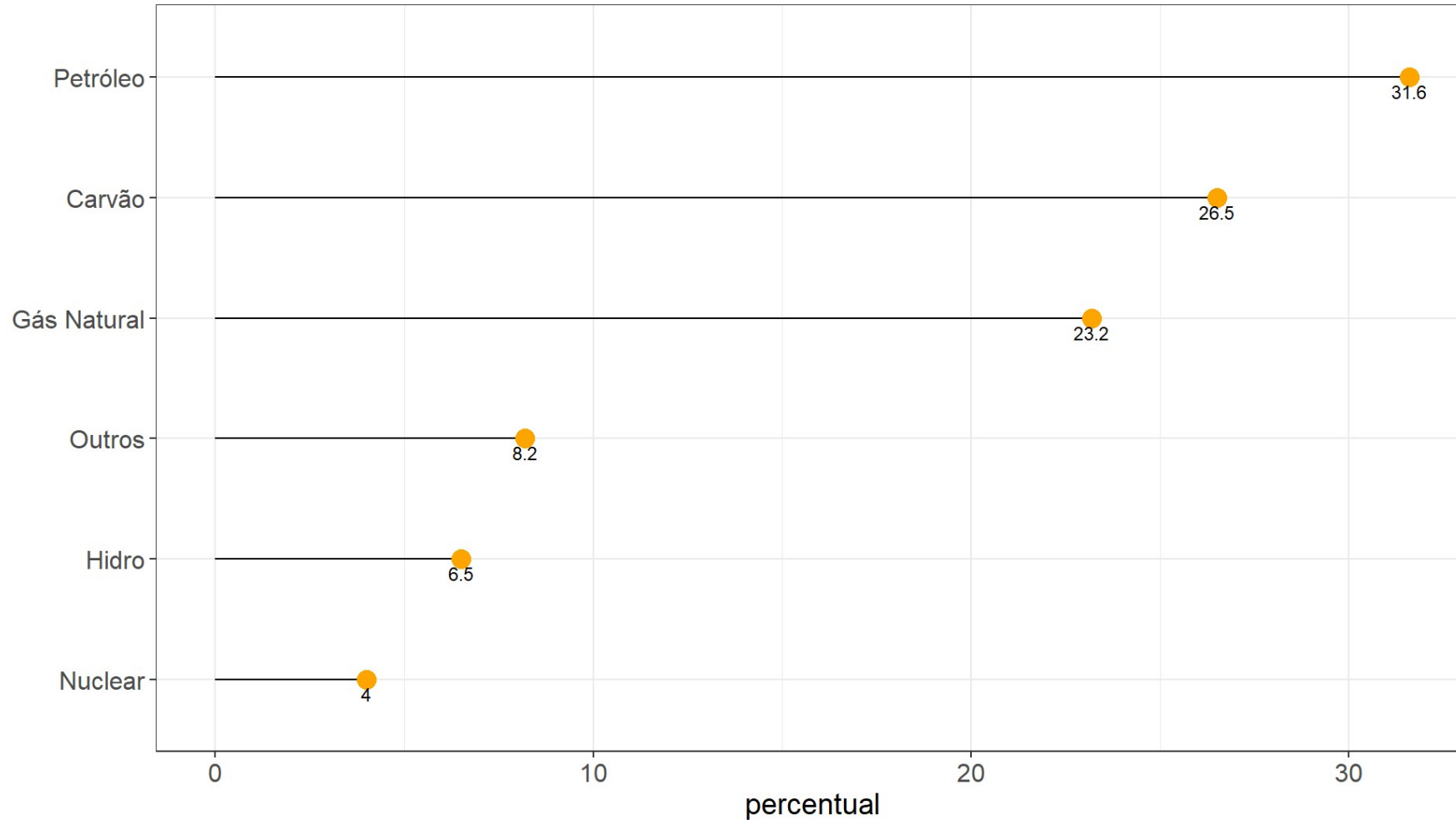
3 Matriz Energética Mundial e Brasileira



Matriz Energética no Mundo (2023)

Matriz Energética Mundial (2023)

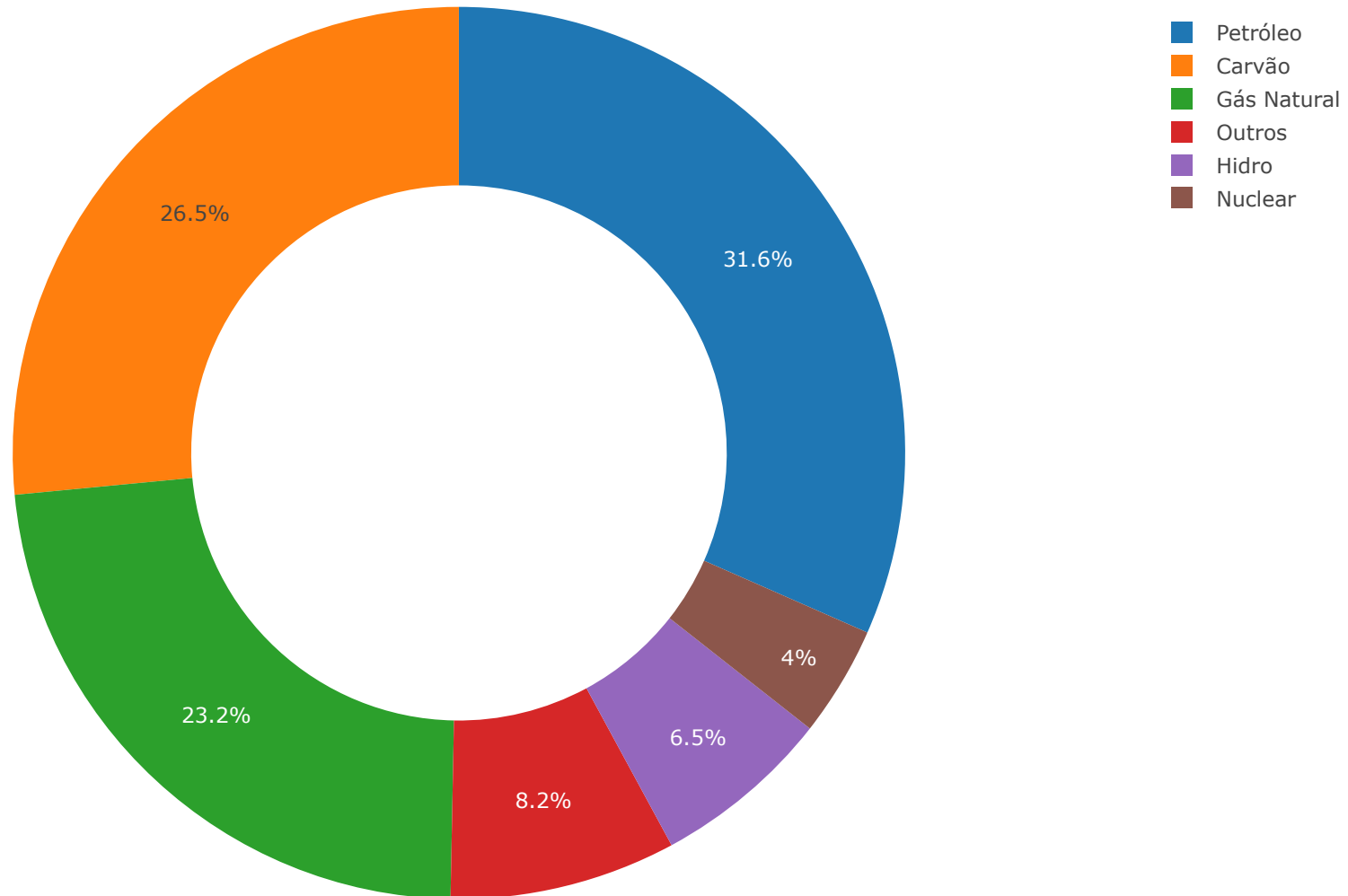
Fonte: Statistical Review of World Energy, 2024





Matriz Energética no Mundo (2023)

Matriz Energética no Mundo (2023)

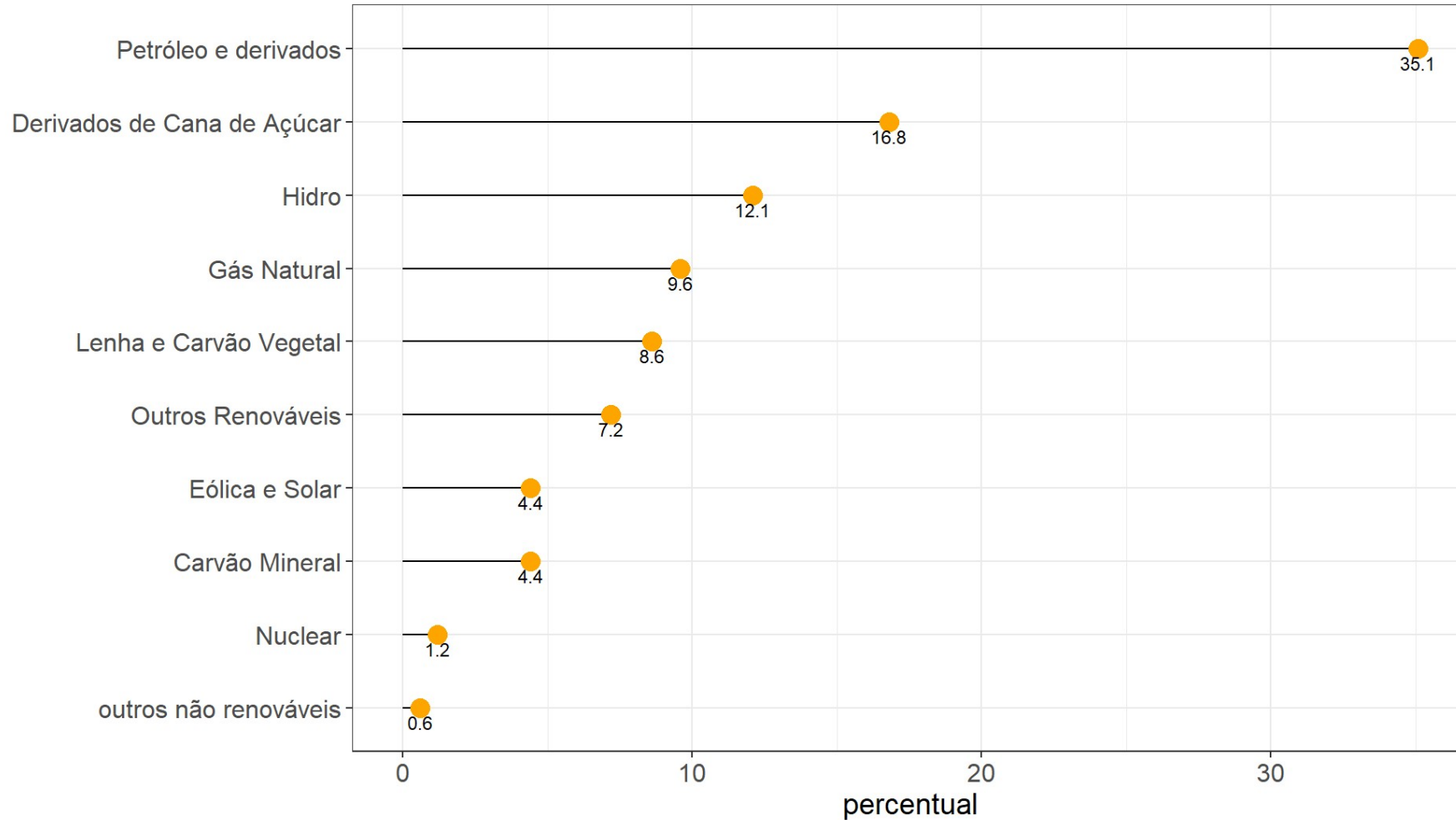




Matriz Energética no Brasil (2023)

Matriz Energética do Brasil (2023)

Fonte: EPE, 2024





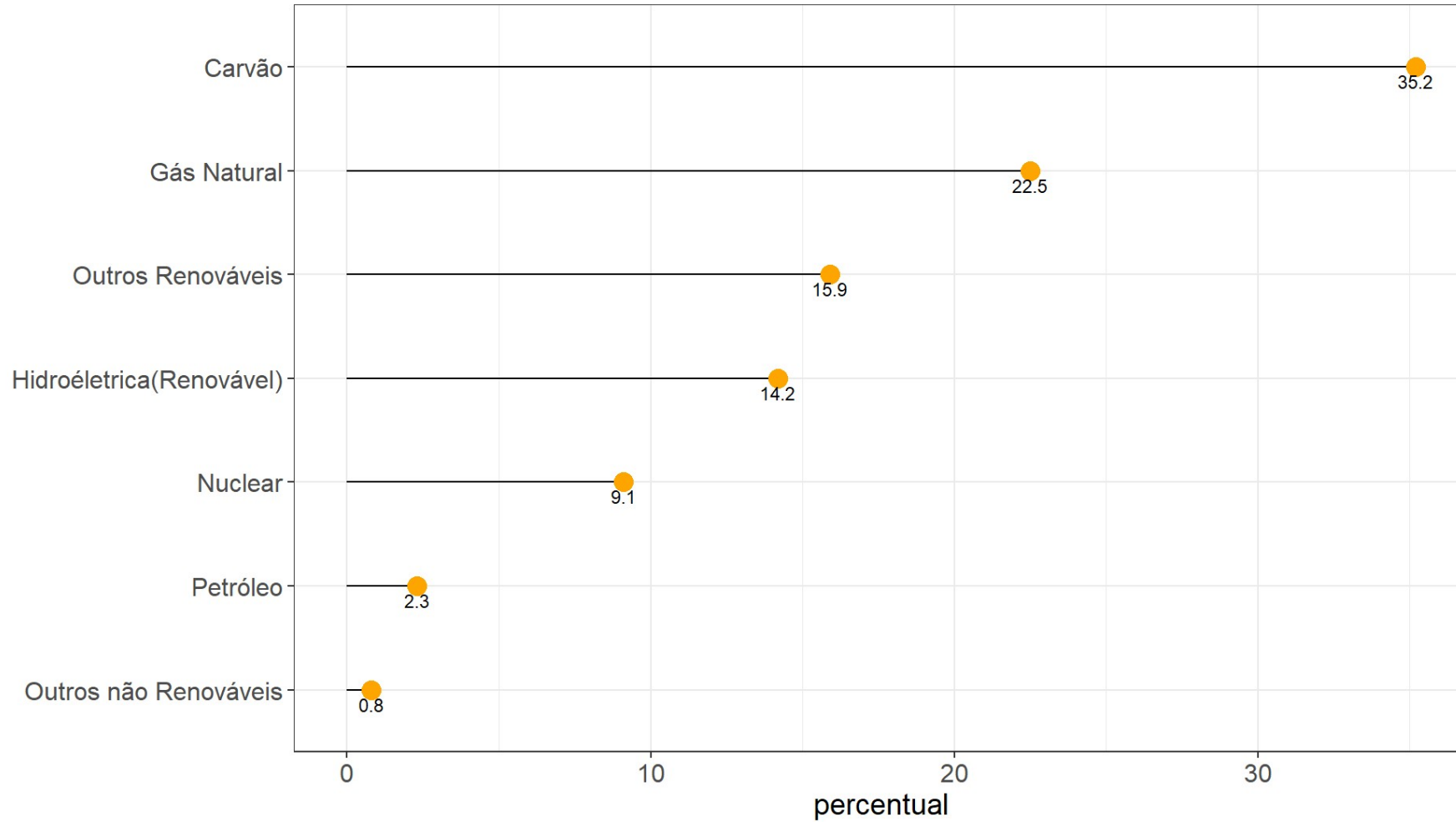
4 Matriz Energética Mundial e Brasileira



Matriz Elétrica no Mundo (2023)

Matriz Elétrica Mundial (2023)

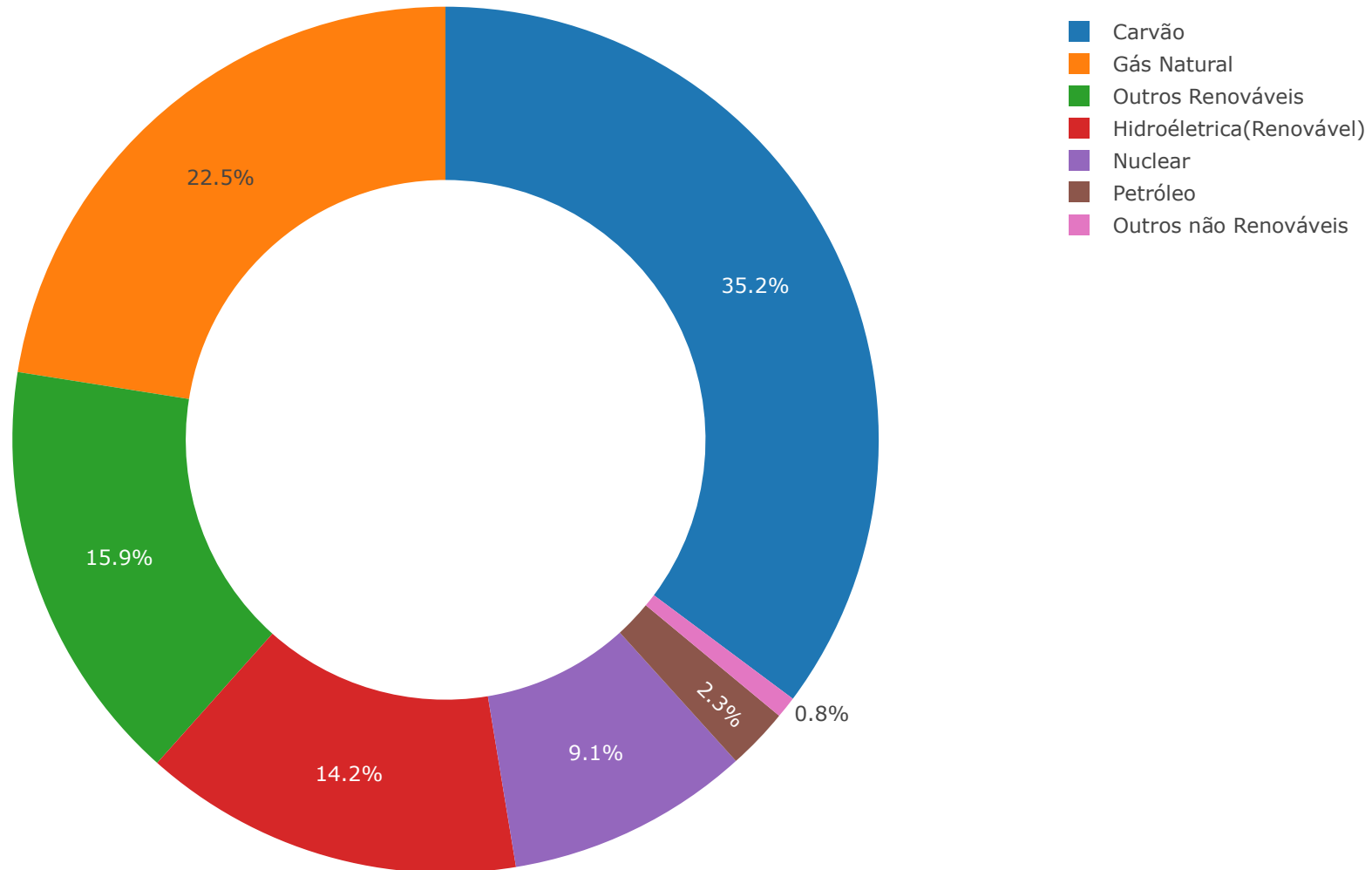
Fonte: Statistical Review of World Energy, 2024





Matriz Elétrica no Mundo (2023)

Matriz Elétrica no Mundo (2023)

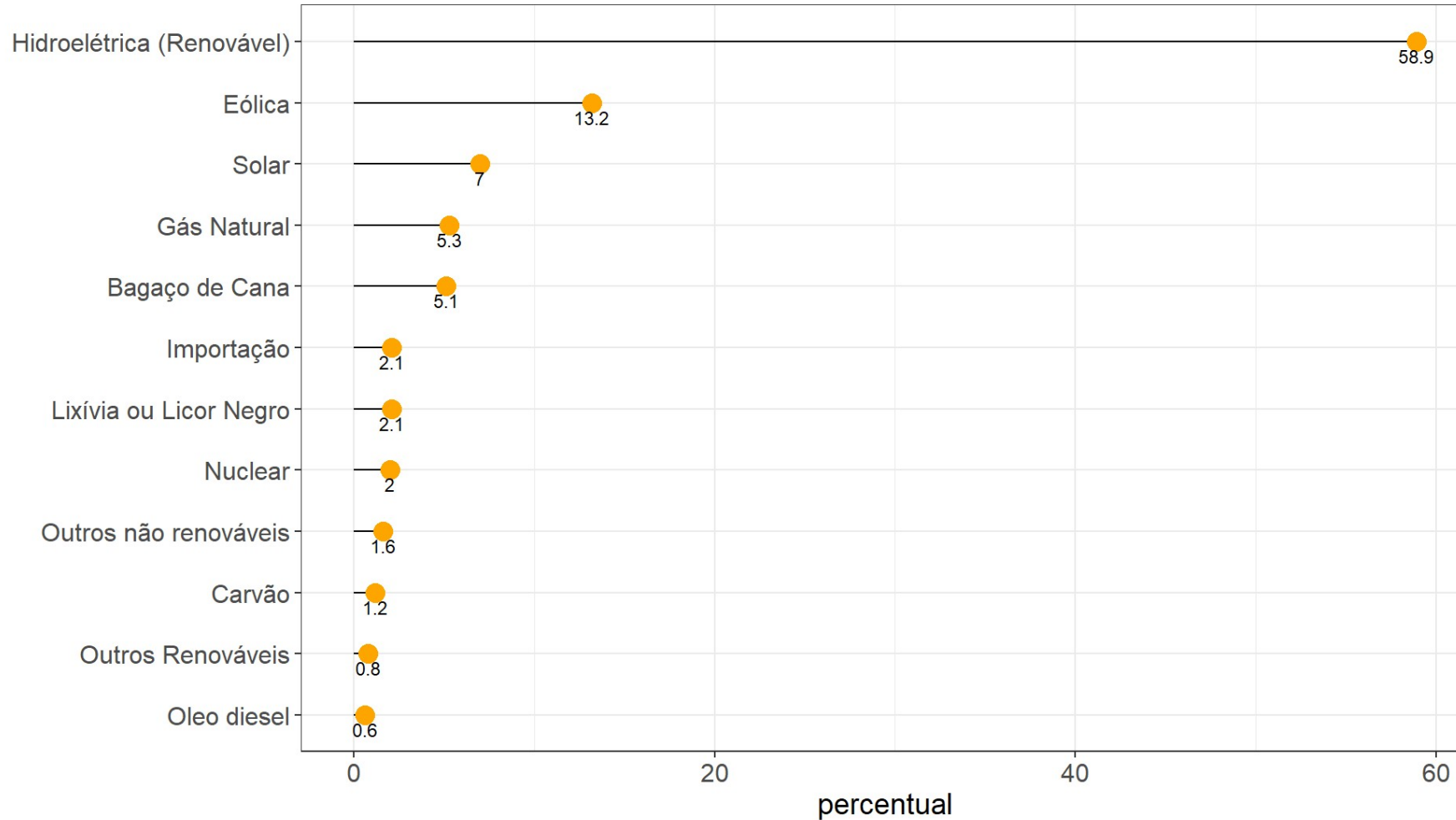




Matriz Elétrica no Brasil (2023)

Matriz Elétrica do Brasil (2023)

Fonte: EPE, 2024





5 Principais Economias



avaliando o comportamento das 40 principais economias

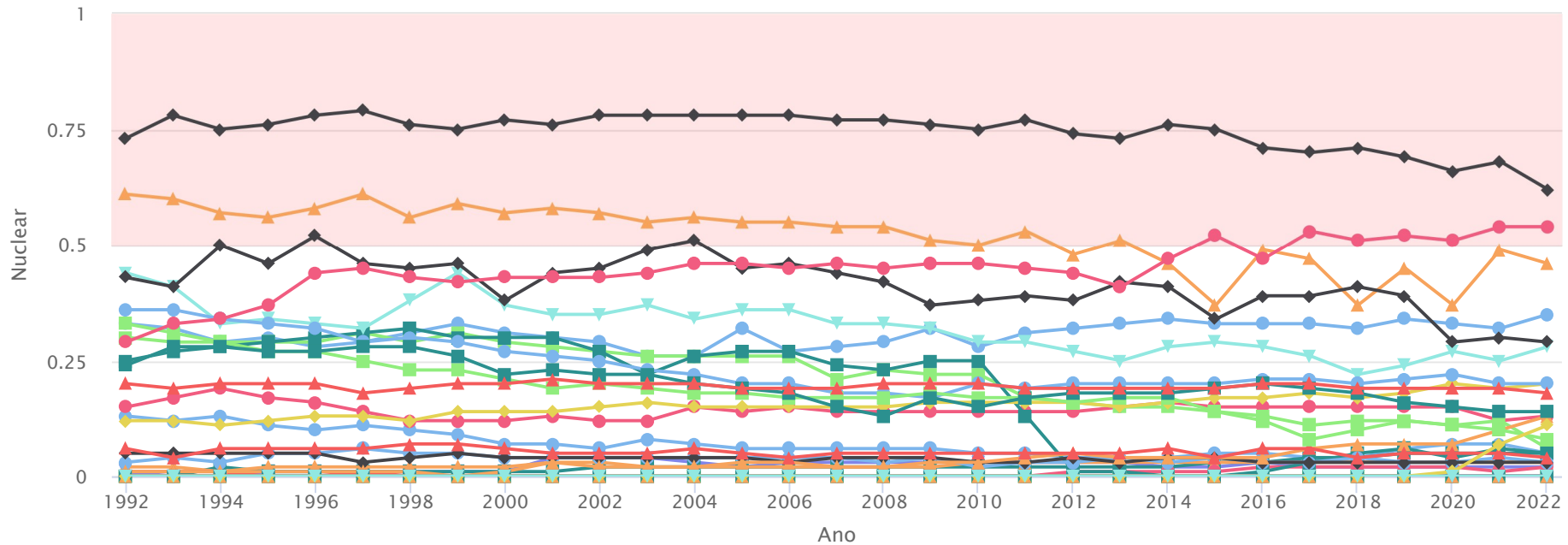
- Os dados de geração de energia elétrica da US Energy Information Administration (EIA) possuem diversos níveis de agregação.
- Vamos trabalhar com estes três níveis (1992-2022):
 - Nuclear
 - Renováveis
 - Combustíveis Fósseis



Nuclear

Percentual de Energia Gerada – Nuclear

Fonte: EIA



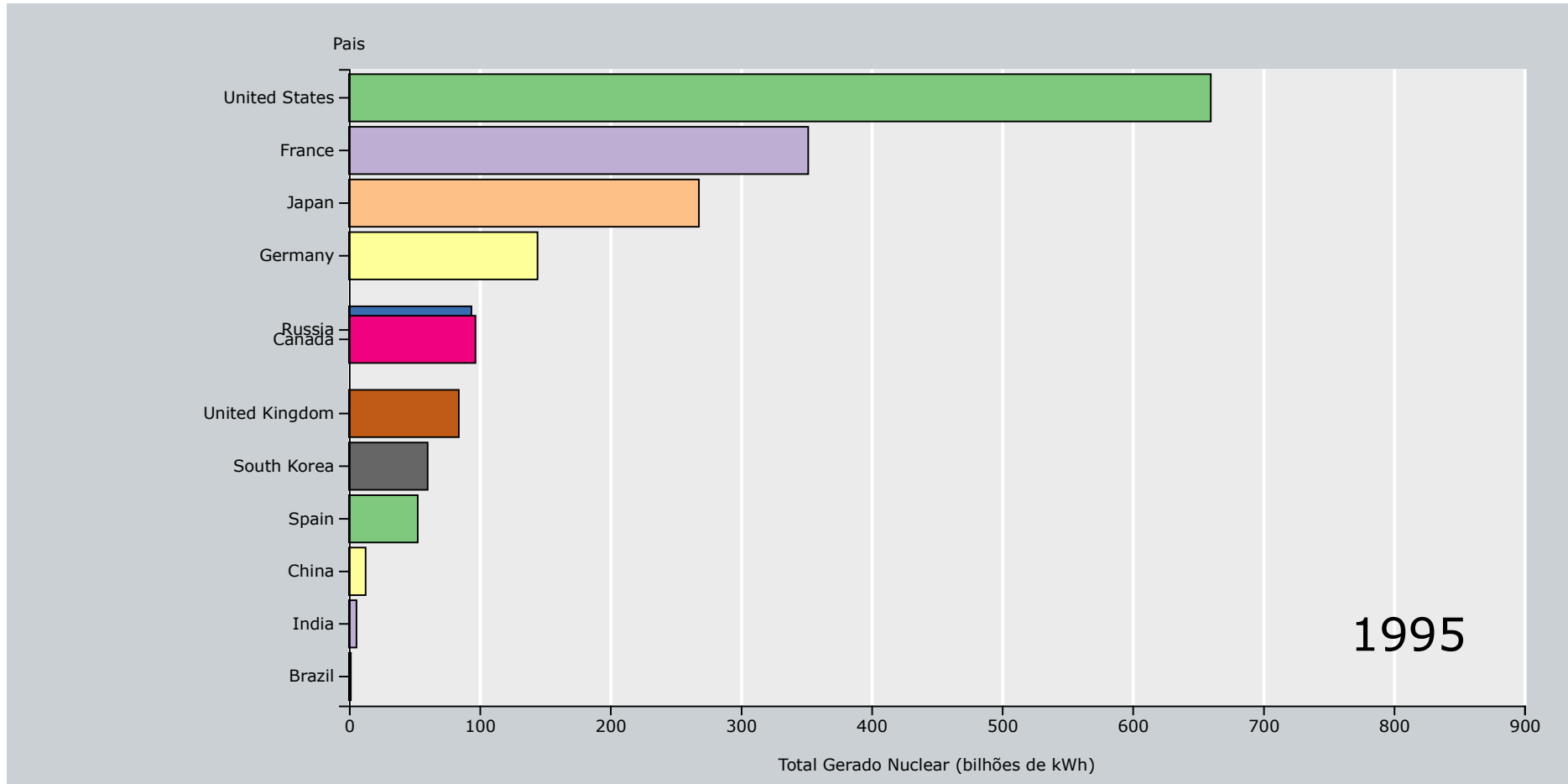
<https://Projeto-Extensão-Transição-Energética>



Nuclear (Bilhões de kWh)

Gráfico

Valores de 2022

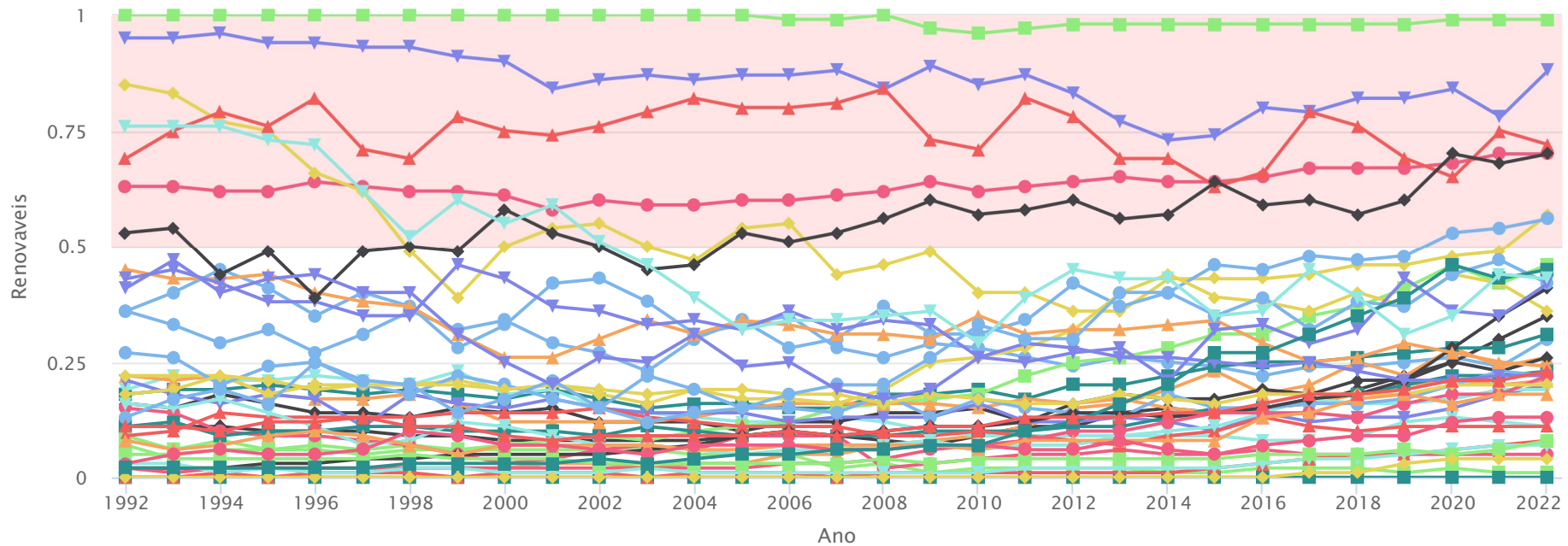




Renováveis

Percentual de Energia Gerada – Renováveis

Fonte: EIA



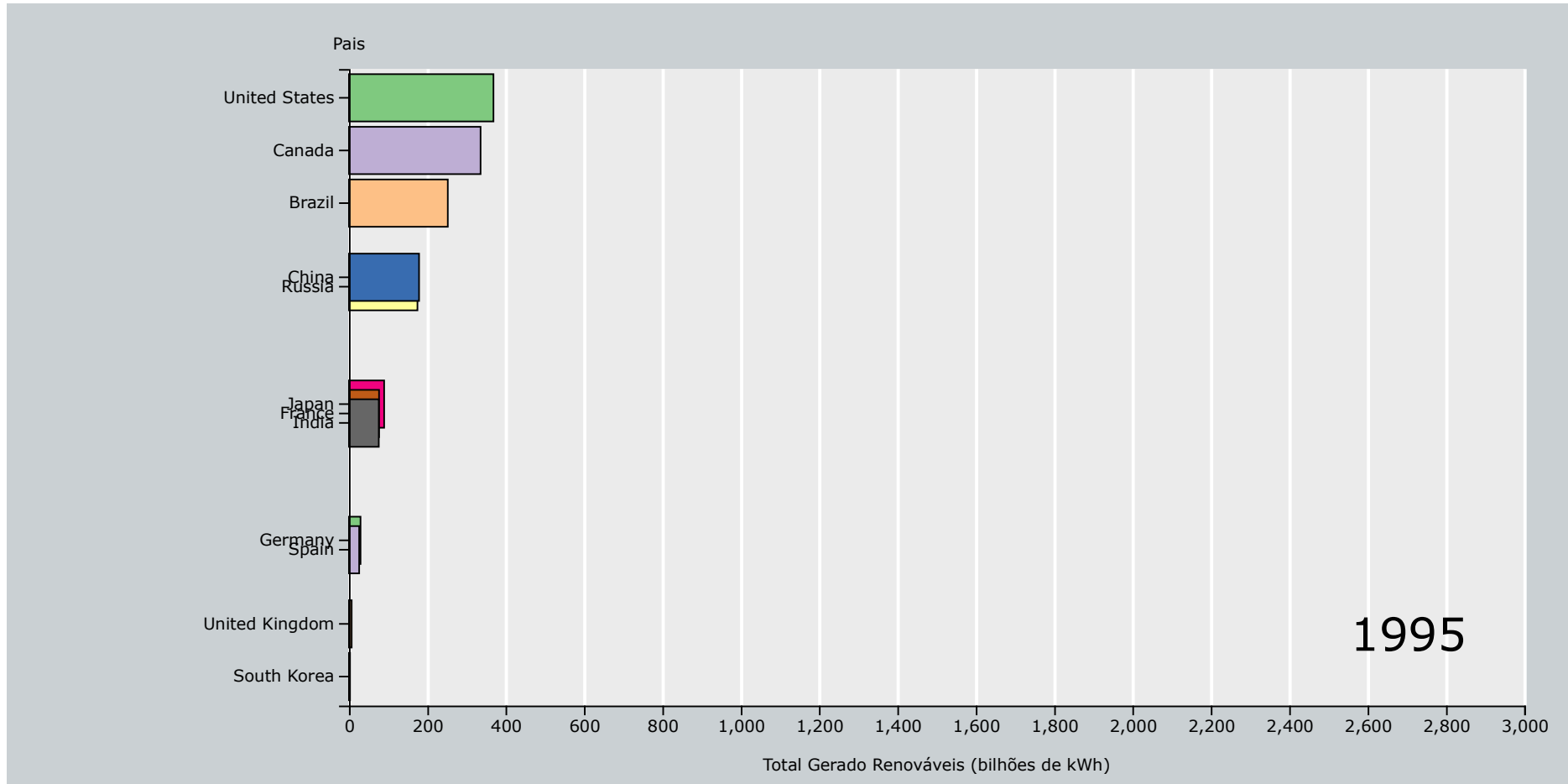
- | | | | | |
|-------------|------------------------|------------------|-----------------|---------------|
| ● Argentina | ◆ Australia | ■ Bangladesh | ▲ Belgium | ▼ Brazil |
| ● Canada | ◆ Chile | ■ China | ▲ Colombia | ▼ Egypt |
| ● Finland | ◆ France | ■ Germany | ▲ India | ▼ Indonesia |
| ● Iran | ◆ Italy | ■ Japan | ▲ Kazakhstan | ▼ Malaysia |
| ● Mexico | ◆ Netherlands | ■ Norway | ▲ Pakistan | ▼ Philippines |
| ● Poland | ◆ Russia | ■ Saudi Arabia | ▲ South Africa | ▼ South Korea |
| ● Spain | ◆ Sweden | ■ Taiwan | ▲ Thailand | ▼ Turkiye |
| ● Ukraine | ◆ United Arab Emirates | ■ United Kingdom | ▲ United States | ▼ Vietnam |



Renováveis (Bilhões de kWh)

Gráfico

Valores de 2022

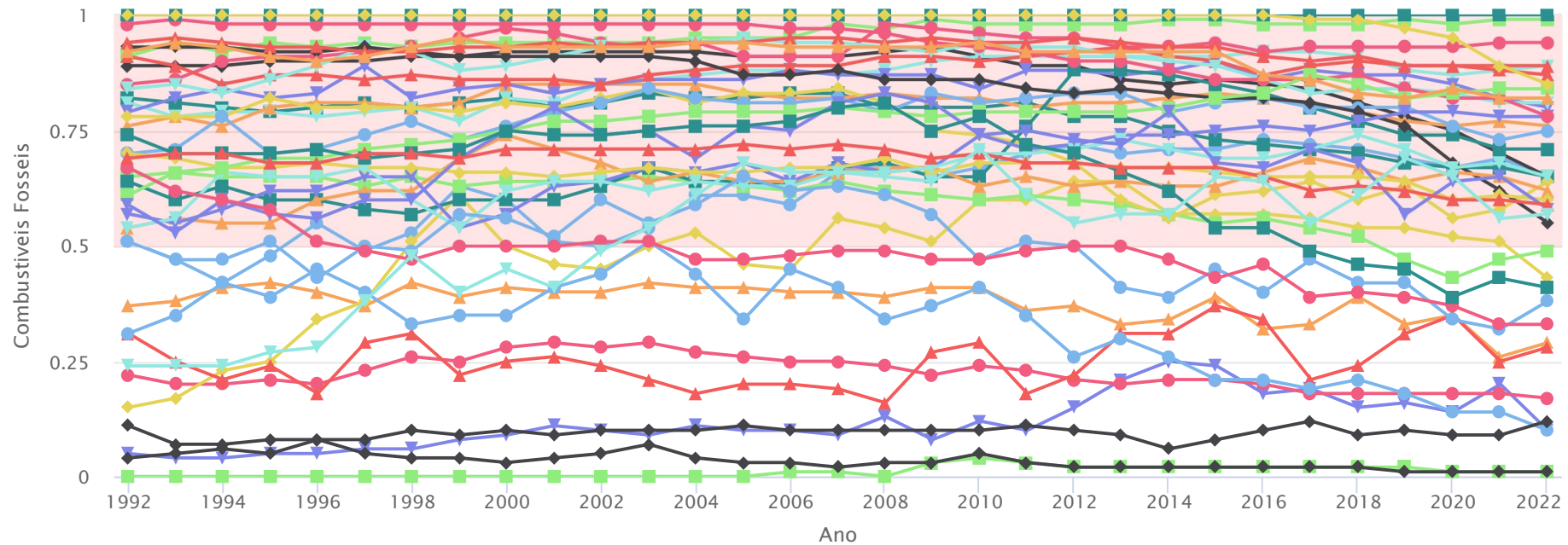




Combustíveis Fósseis

Percentual de Energia Gerada – Combustíveis Fósseis

Fonte: EIA

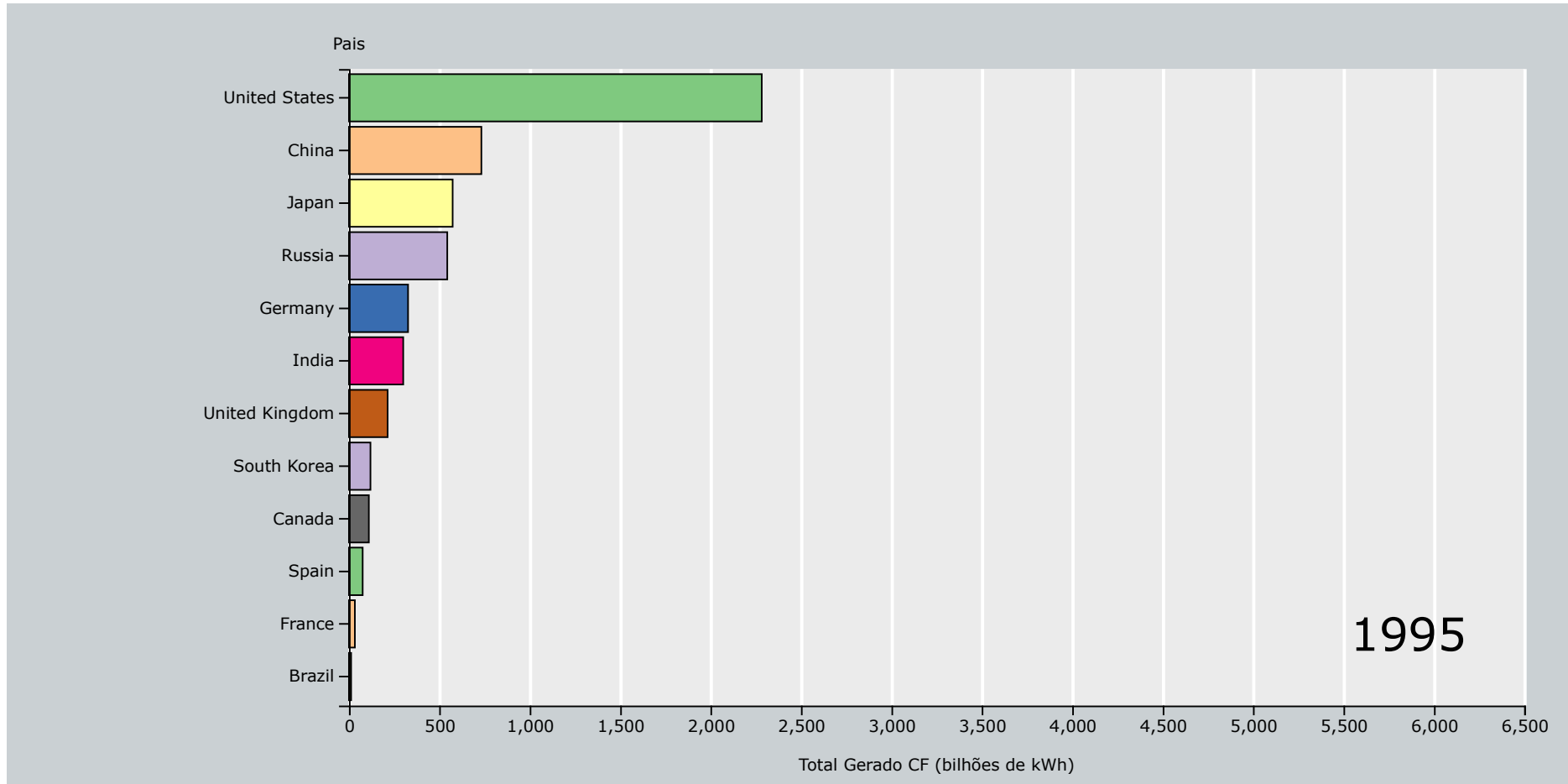




Combustíveis Fósseis (Bi de kWh)

Gráfico

Valores de 2022



<https://Projeto-Extensão-Transição-Energética>



6 Highlights



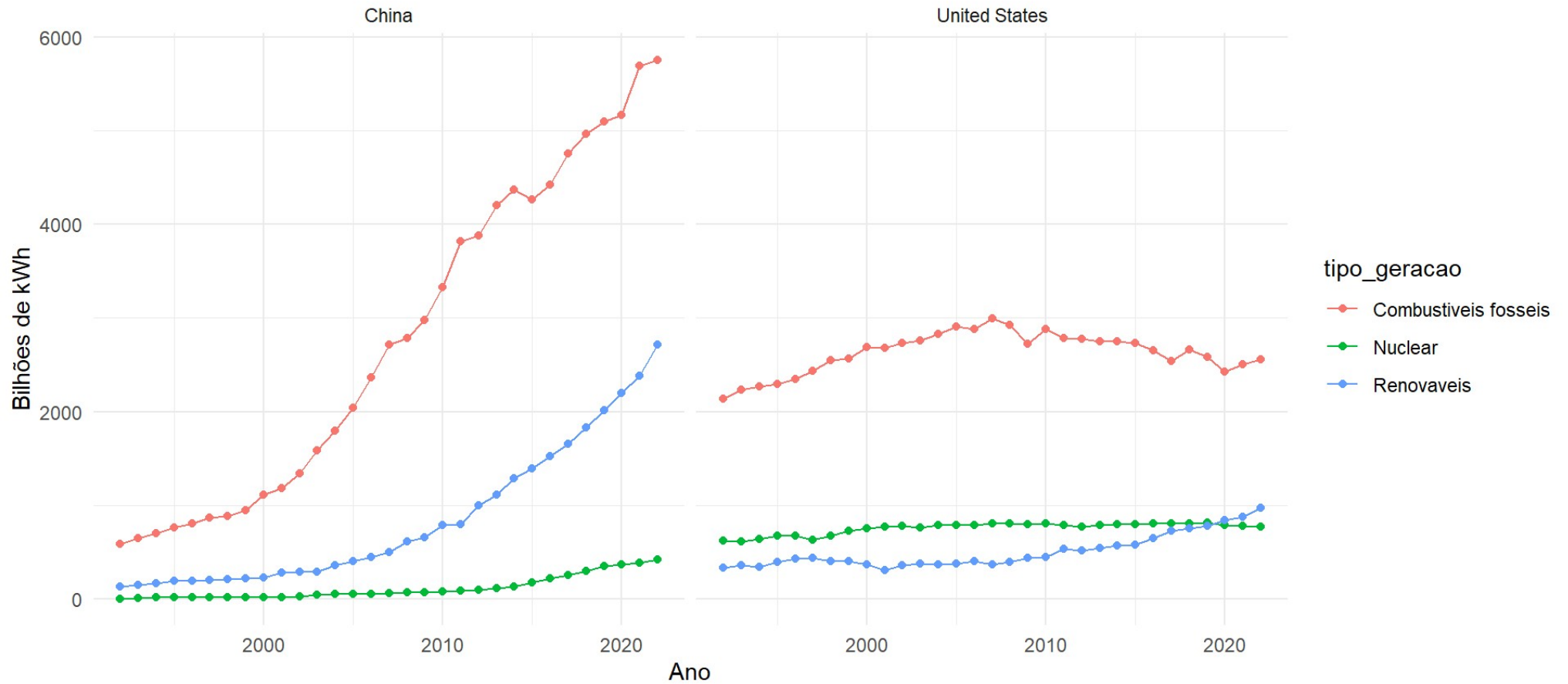
1 Maiores Economias em 2022

pais	Ano	Nuclear	Renovaveis	Combustiveis Fosseis	PIB_TriUS
United States	2022	0.18	0.23	0.59	25.74
China	2022	0.05	0.31	0.65	17.88
Japan	2022	0.05	0.23	0.71	4.26
Germany	2022	0.06	0.46	0.49	4.08
India	2022	0.03	0.21	0.76	3.35
United Kingdom	2022	0.14	0.45	0.41	3.09
France	2022	0.62	0.26	0.12	2.78
Russia	2022	0.20	0.20	0.60	2.27
Canada	2022	0.13	0.70	0.17	2.16
Italy	2022	0.00	0.36	0.64	2.07
Brazil	2022	0.02	0.88	0.10	1.95



China e EUA

Geração de Energia Elétrica em Bilhões de kWh
China e EUA

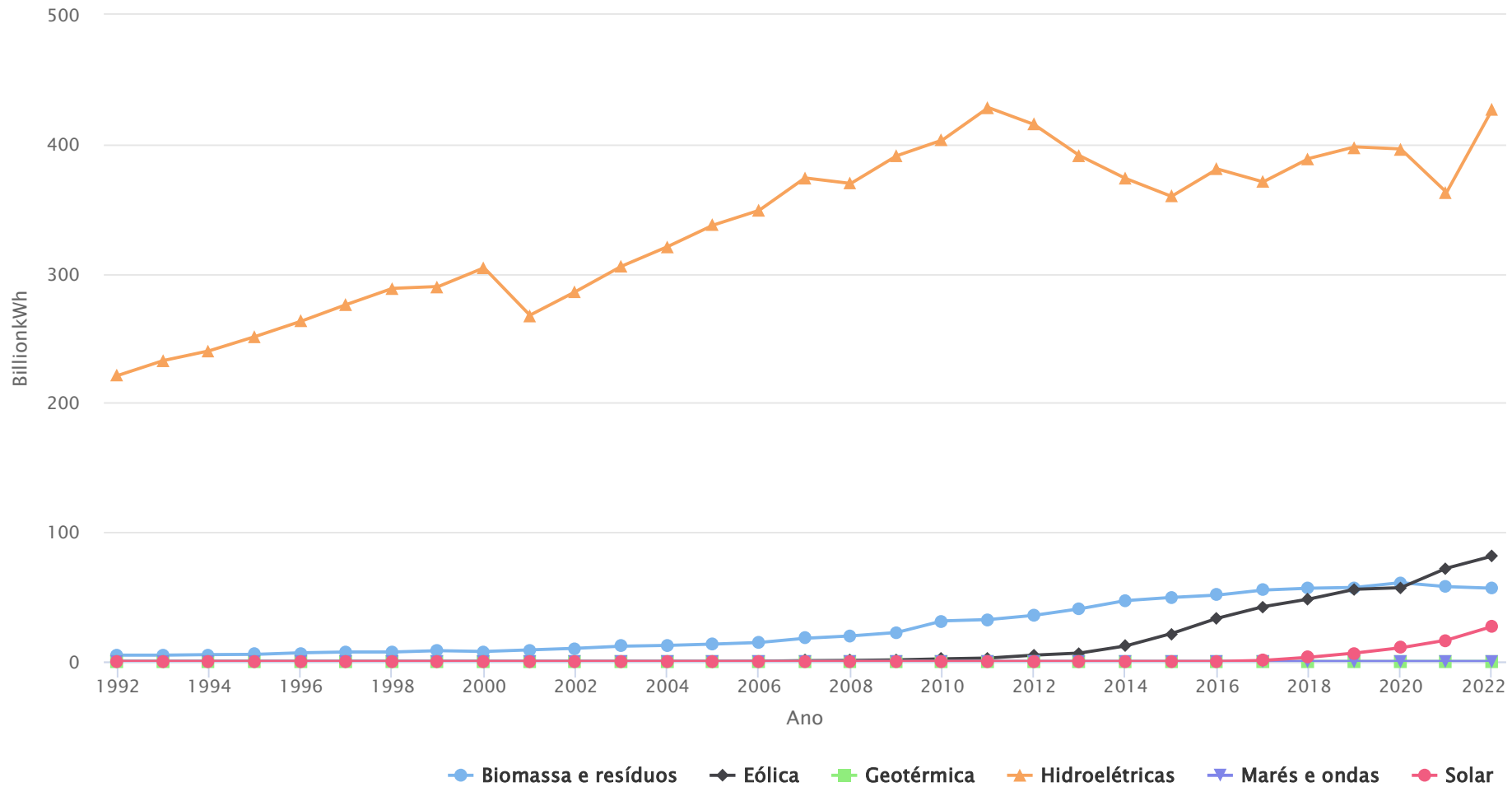




Brasil e os Renováveis

Energia Renovável Gerada

Fonte: EIA

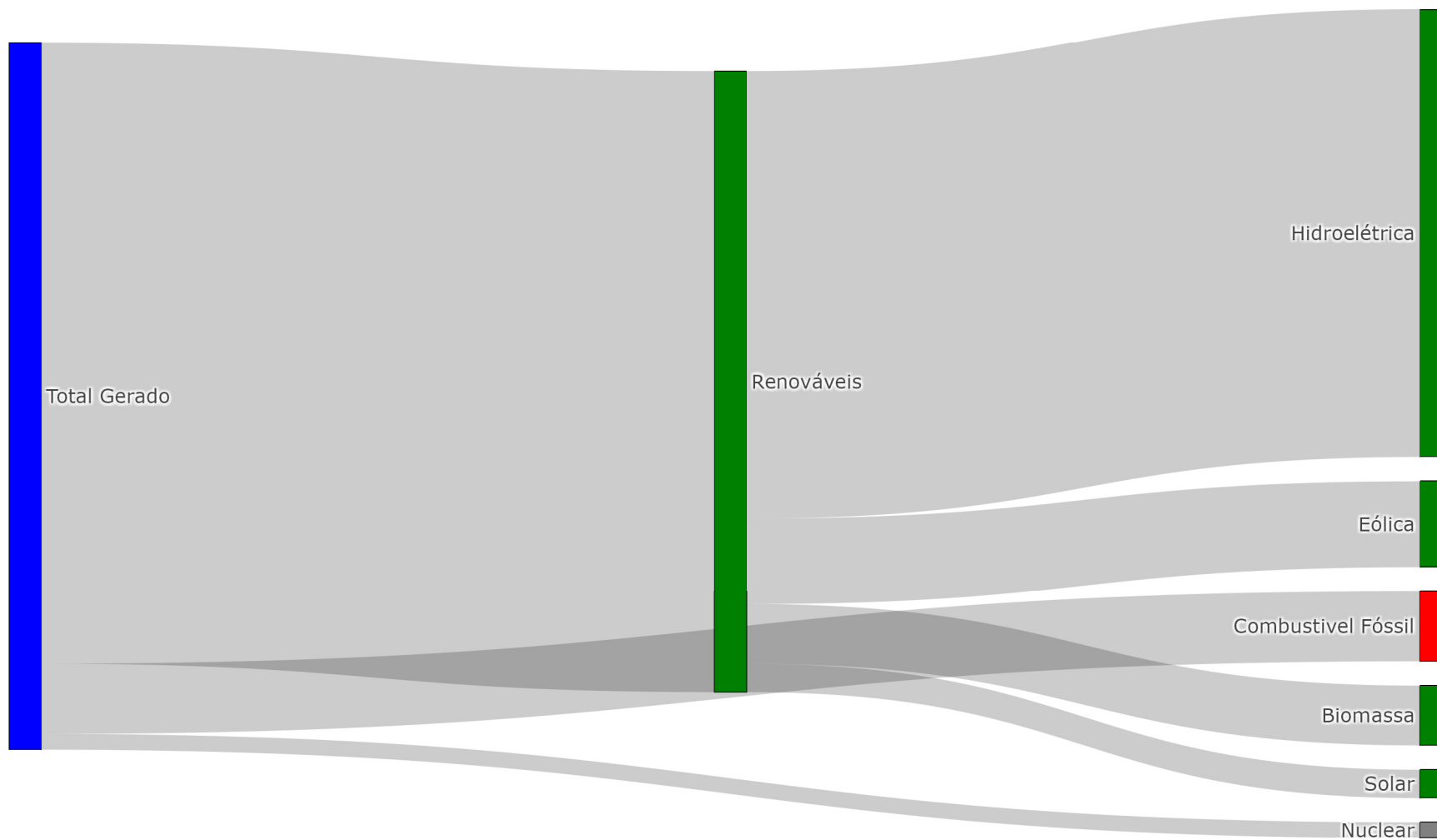


<https://Projeto-Extensão-Transição-Energética>



Brasil em 2022

Gráfico de Sankey da Geração de Energia Elétrica no Brasil em 2022





Disclosures

- Cabe destacar que nesta avaliação não foram considerados outros esforços que podem estar sendo feitos nos países analisados no sentido de mitigar as emissões de gases de efeito estufa em suas matrizes de energia elétrica, como por exemplo, aumento da eficiência energética, substituição de carvão por gás natural, menos emissor, adoção de tecnologias de captura de CO₂, entre outros.
- Também não foram investigados outros fatores que podem ter impactado as matrizes dos países analisados ao longo do tempo, como conflitos, crises econômicas.



Conclusões

- A transição energética é um desafio global e cada país tem suas particularidades.
- A diversificação da matriz elétrica (energética) é uma estratégia importante para a segurança energética e para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa.
- A energia renovável e a nuclear são alternativas importantes para a redução das emissões de gases de efeito estufa.
- As duas maiores economias precisam ter uma matriz elétrica (energética) mais limpa para que o mundo possa atingir as metas do Acordo de Paris.
- O Brasil tem uma matriz elétrica limpa, mas precisa continuar investindo em energias renováveis para manter essa característica.



Referências

- EIA
- Energy Institute
- ONU
- MMA
- World Bank
- plotly
- highcharter
- kableExtra
- ggplot2
- factoextra
- Quarto