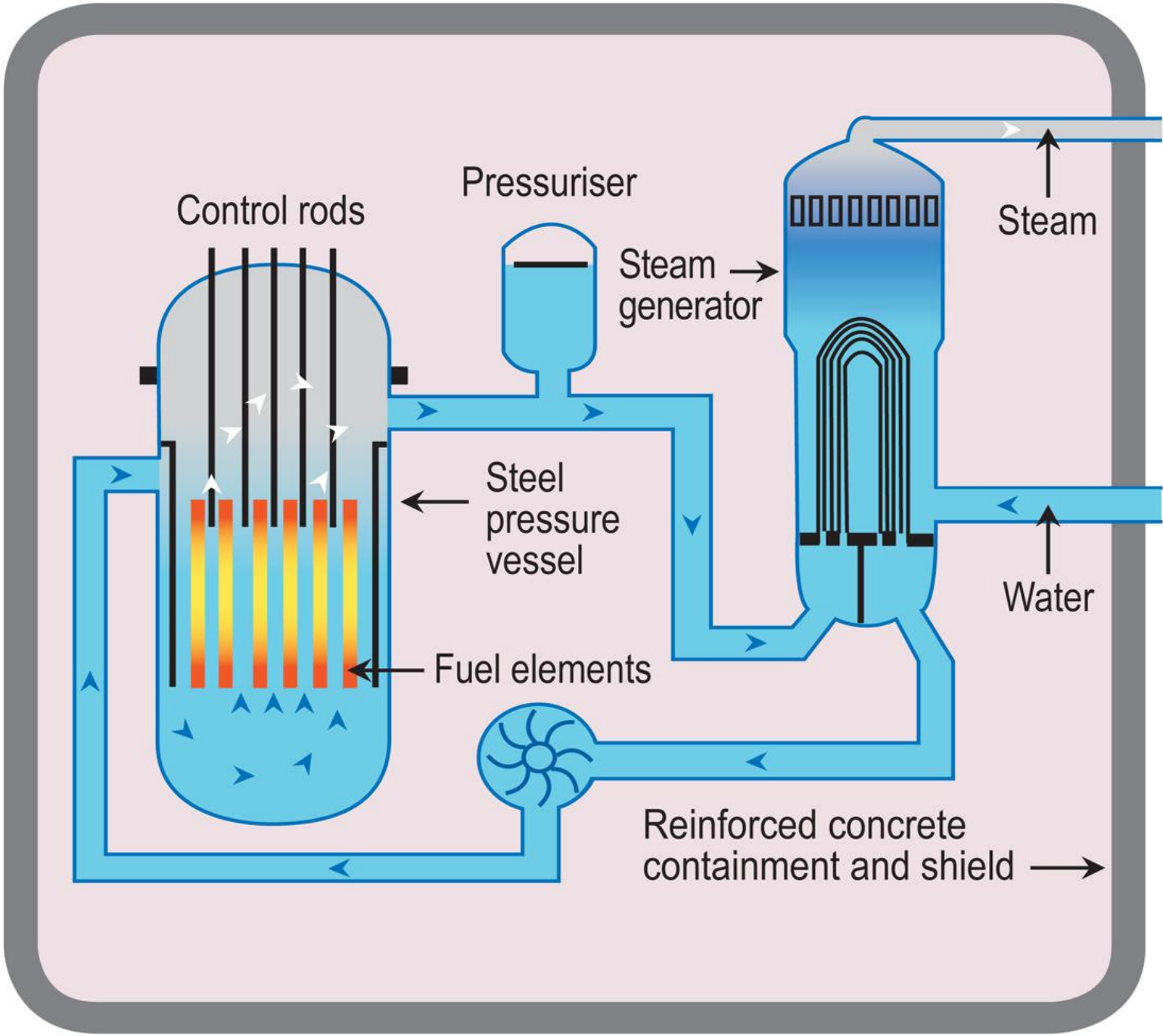


**INSTITUTO DE ENGENHARIA**

# A Energia Nuclear no Brasil

2019

Miracyr Assis Marcato



Control rods

Pressuriser

Steam generator

Steam

Steel pressure vessel

Water

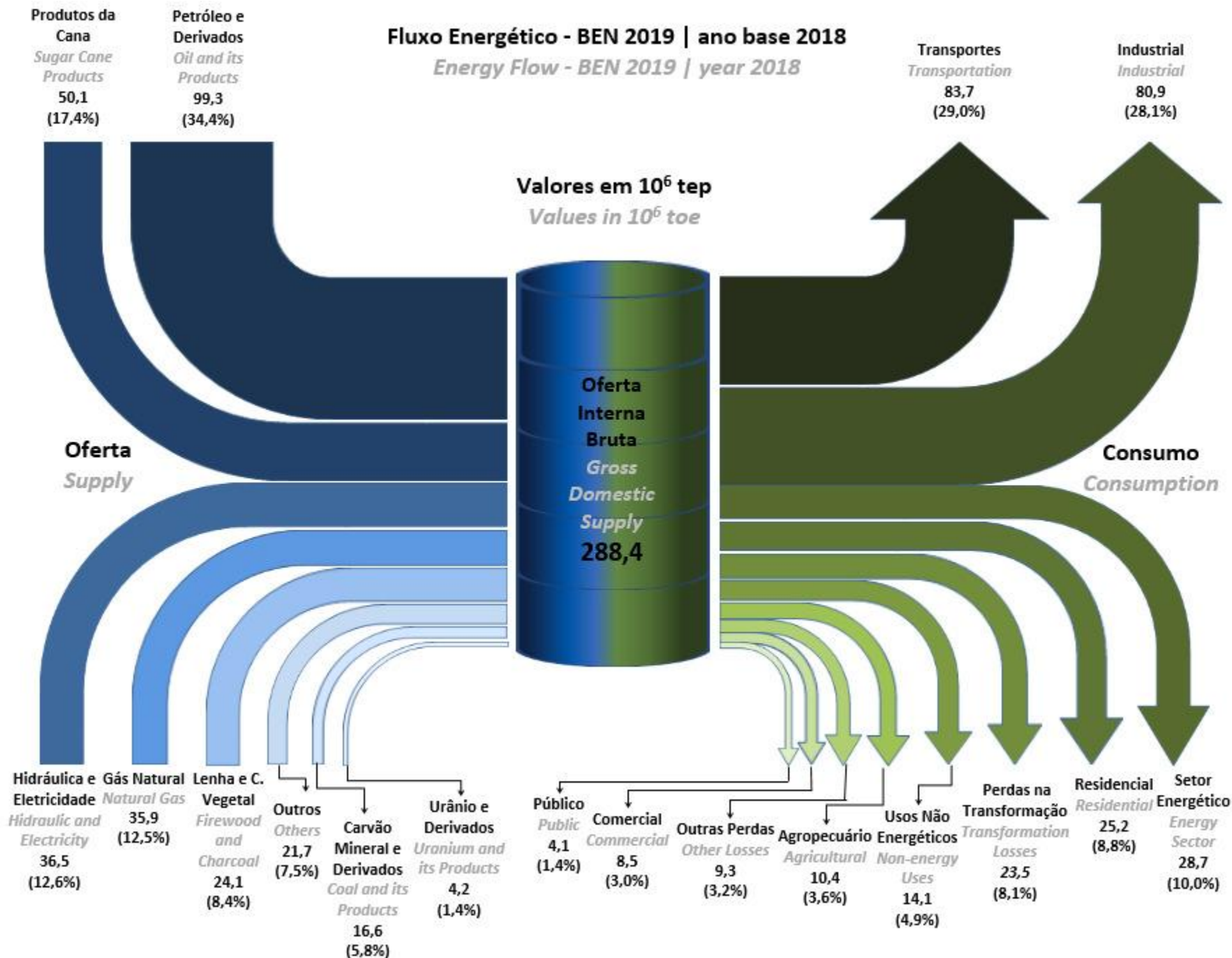
Fuel elements

Reinforced concrete containment and shield

# Fluxo Energético - BEN 2019 | ano base 2018

Energy Flow - BEN 2019 | year 2018

Valores em 10<sup>6</sup> tep  
Values in 10<sup>6</sup> toe



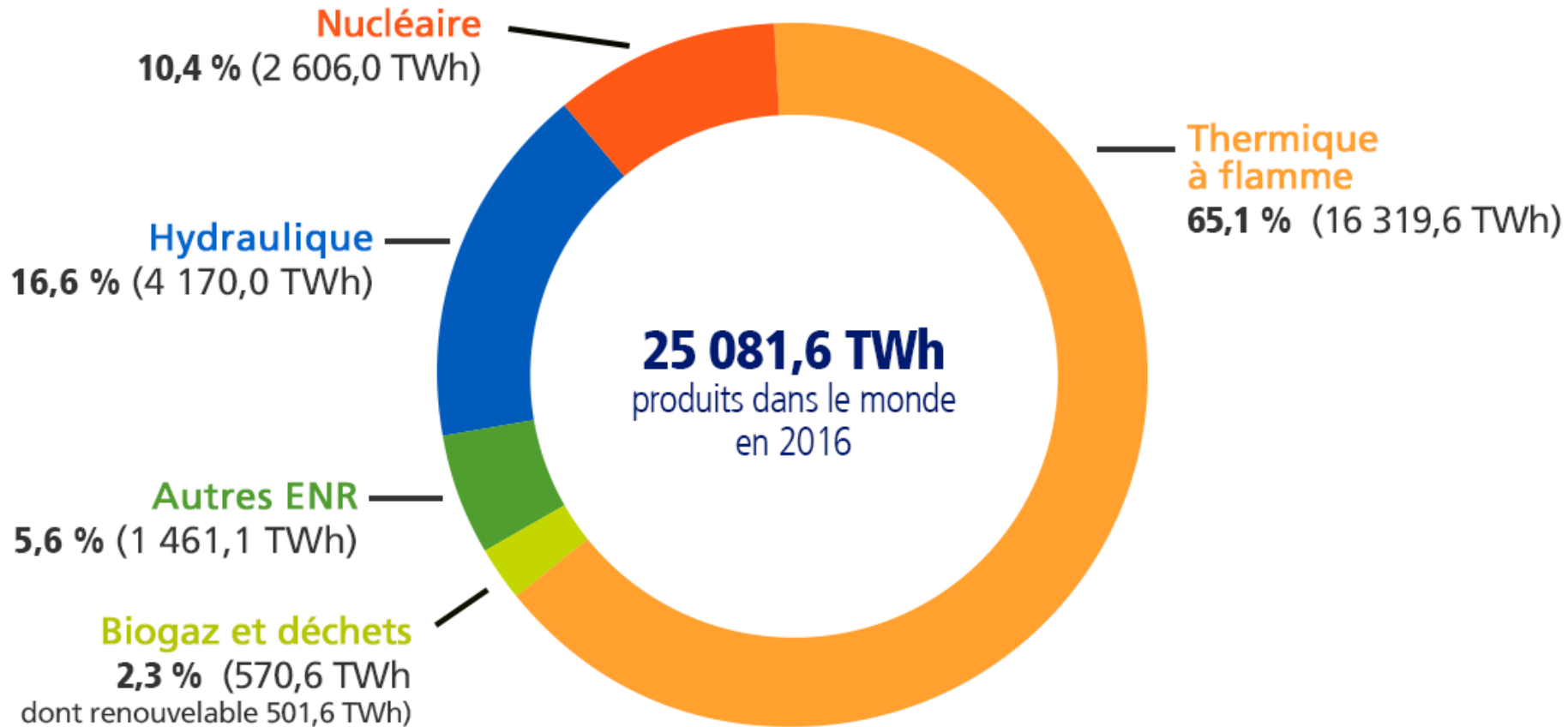
**Geração de Energia Elétrica - Brasil - 1º semestre 2019**

Fonte	Geração Mwmédio	Partic. %	Capac.Inst. MW	f.c.
Hidro	54.912	78,6%	109.212	50%
Termo	8.409	12,0%	33.460	25%
Eolica	4.391	6,30%	14.305	31%
Nuclear	1.623	2,30%	1.990	82%
Solar	498	0,70%	1.780	28%
Total	69.832	100%	160.747	43%

## A ENERGIA NUCLEAR NO MUNDO

Com uma produção de 2 606 TWh em 2016 (10,4 % da produção mundial de eletricidade), a nuclear é a **3ª. maior fonte de produção de eletricidade no mundo.**

**Em 2017**, o mundo possuía 454 reatores nucleares em funcionamento, localizados em 31 países.



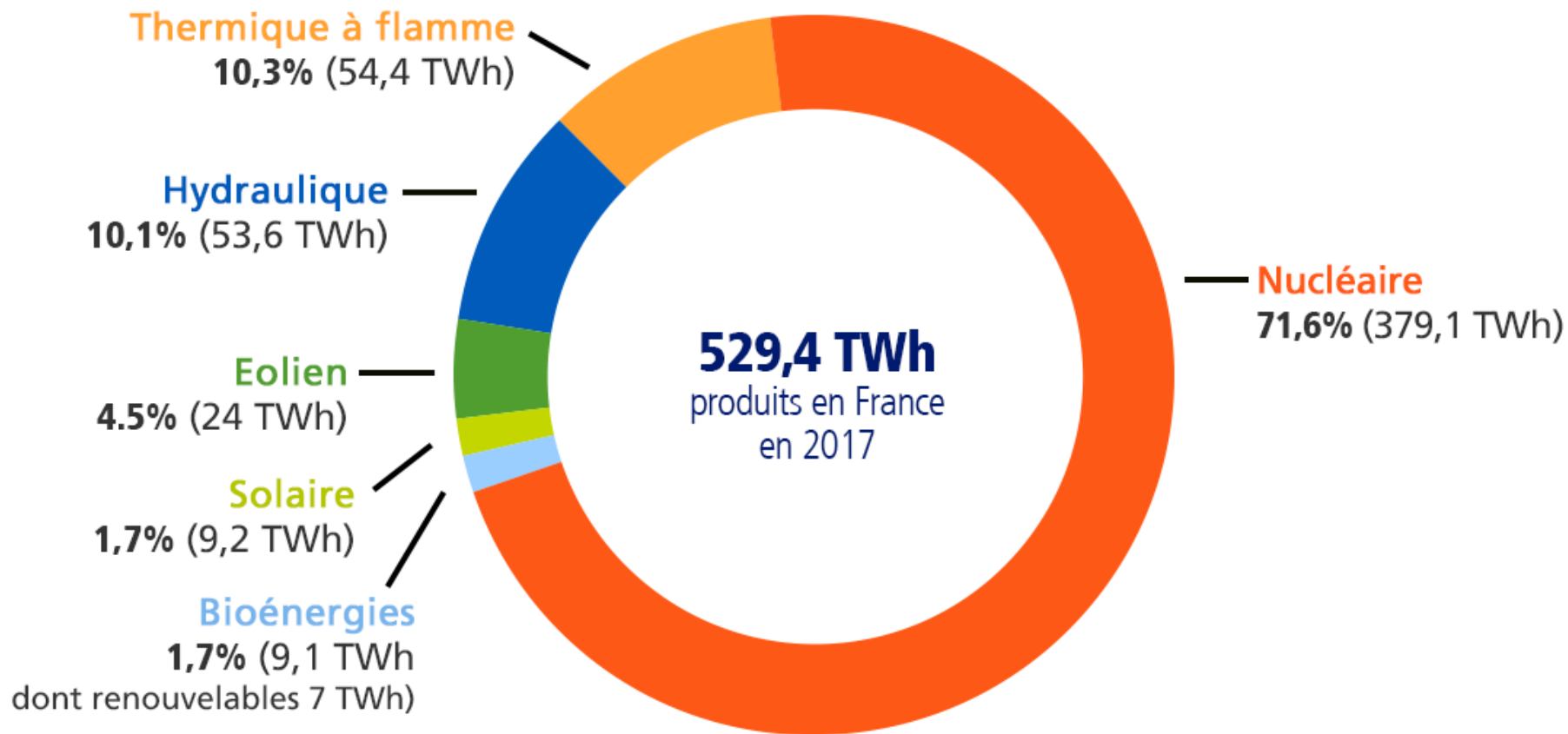
**La production mondiale d'électricité en 2016**

Source : International Energy Agency (IEA)

© EDF

## A energia nuclear na produção de energia elétrica na França

Em 2017, a produção francesa de eletricidade de origem nuclear alcançou um total de **379,1 TWh (71,6%)** com redução de (- 1,3 %) em relação a 2016.



La production française d'électricité en 2017

Source RTE - bilan électrique 2017

© EDF

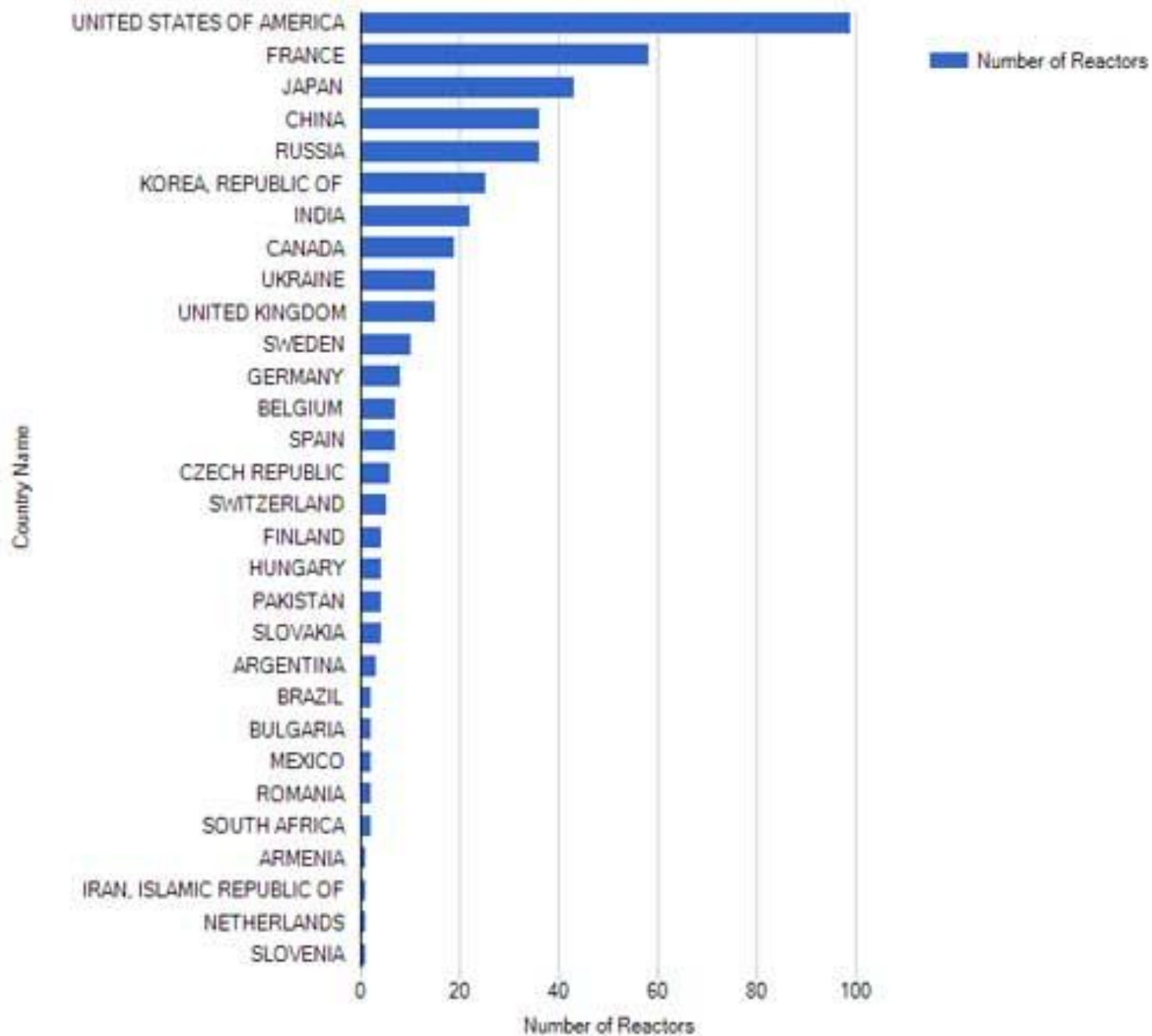
**En 2016, os Estados Unidos (804,9 TWh), a França (379,1 TWh) e a China (247,5 TWh) foram os tres principais países produtores de eletricidade de origem nuclear.**

Pays	Production	en %
Etats-Unis	804,9 TWh	20,05%
France	379,1 TWh	71,61%
Chine	247,5 TWh	3,94%
Russie	187,5 TWh	17,79%
Corée du Sud	141,1 TWh	27,12%
Canada	96,1 TWh	14,64%
Ukraine	85,6 TWh	55,10%
Allemagne	72,2 TWh	11,63%
Royaume-Uni	63,9 TWh	19,27%
Suède	63,1 TWh	39,64%

**Principaux pays producteurs d'électricité  
d'origine nucléaire en 2017**

*Source : International Atomic Energy Agency (IAEA)*

### Total Number of Reactors: 450





## Countries with nuclear electricity

Location	Nuclear capacity MWe	% share of electricity, 2017
USA	99,829	20
France	63,130	72
Japan	39,952	4
China	40,733	4
Russia	28,961	18
South Korea	22,805	27
Canada	13,853	15
Ukraine	13,107	55
Germany	9444	12
UK	8883	19
Sweden	8376	40
Spain	7121	21
India	6219	3
Belgium	5943	50
Czech Republic	3932	33
Switzerland	3333	33
Finland	2764	33
Bulgaria	1926	34
Brazil	1896	3
Hungary	1889	50
South Africa	1830	7
Slovakia	1816	54
Argentina	1627	5
Mexico	1600	6
Pakistan	1355	6
Romania	1310	18
Iran	915	2
Slovenia	696	39
Netherlands	485	3
Armenia	376	33
Total*	400,433	10.5

\* Includes six reactors on Taiwan with total of 4927 MWe.

Sources: World Nuclear Association, IAEA

as of 28.08.18

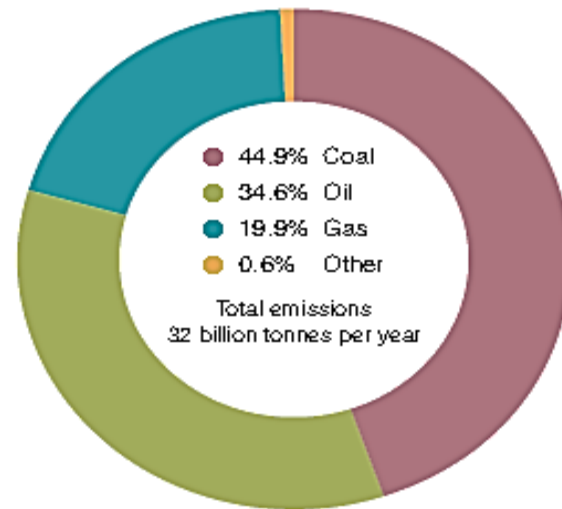
**Quando se considera o ciclo de vida das emissões, a nuclear se classifica como uma das melhores fontes de energia.**

O relatório especial do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) reportando-se ao limite do aquecimento global de até 1,5 °C, concluiu que para tanto será necessário que as emissões globais dos gases do efeito estufa comecem a ser reduzidas quase que imediatamente. Isso exigirá uma conversão mais rápida para a eletricidade como uso final de energia e para essa maior demanda de eletricidade que deve ser suprida por geração de baixo teor de carbono, as centrais nucleares precisam ser incluídas . Como resultado, a geração nuclear deve aumentar em média em torno de 2,5 vezes até 2050 nos 89 cenários de mitigação considerados pelo IPCC.

## Energy and emissions, selected countries (2015)

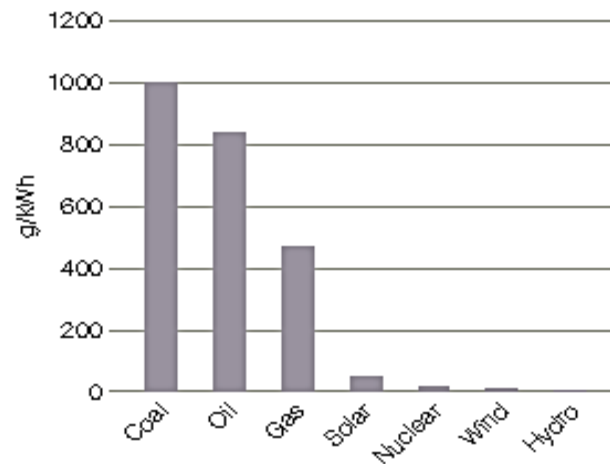
Location	Population (million)	GDP (billion US\$)	CO <sub>2</sub> emissions (million tonnes)	Energy use per capita (toe*)
Australia	24	1485	381	5.2
Austria	9	411	62	3.8
Bangladesh	161	157	71	0.2
Belgium	11	508	93	4.8
Brazil	208	2330	451	1.4
Bulgaria	7	55	44	2.6
Canada	36	1796	549	7.5
China	1371	8910	9041	2.2
Colombia	48	359	72	0.7
Congo (DR)	77	30	3	0.4
Croatia	4	58	16	2.0
Czech Republic	11	224	100	4.0
Denmark	6	341	32	2.8
Egypt	92	248	199	0.9
Ethiopia	99	48	10	0.5
Finland	6	248	42	5.9
France	67	2778	291	3.7
Germany	82	3697	730	3.8
Hungary	10	143	43	2.6
Iceland	0	15	2	16.9
India	1311	2297	2066	0.7
Indonesia	258	988	442	0.9
Iran	79	464	552	3.0
Ireland	5	303	35	2.9
Italy	61	2060	331	2.5
Japan	127	5986	1142	3.4

## Global CO<sub>2</sub> emissions (2015)



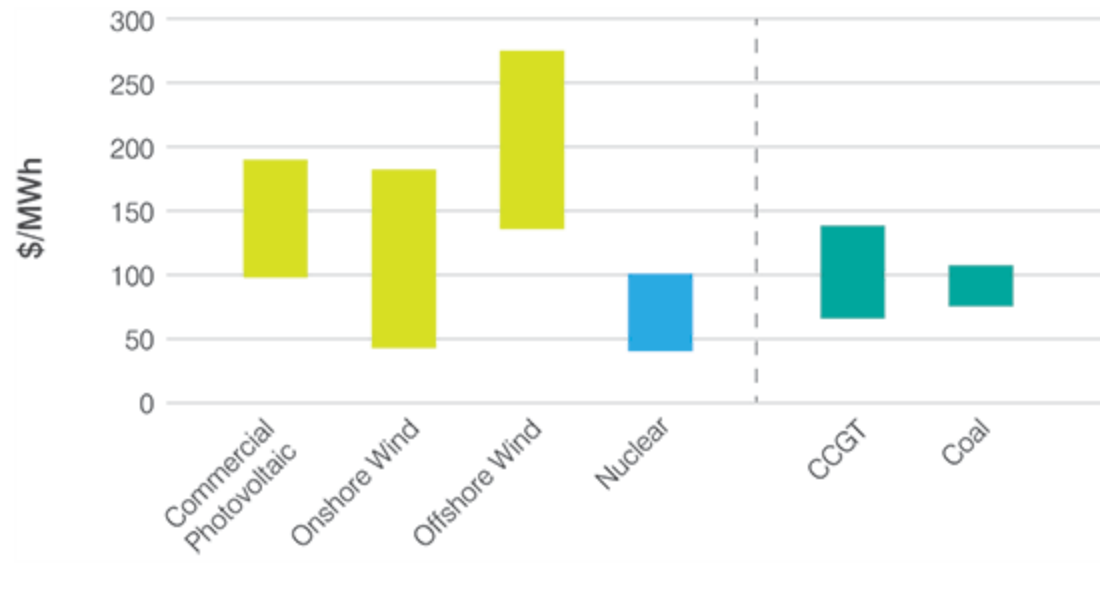
Source: IEA

## Emissions intensity by energy source



Source: IPCC

## Custos nivelados da eletricidade ( 7% de taxa de desconto)

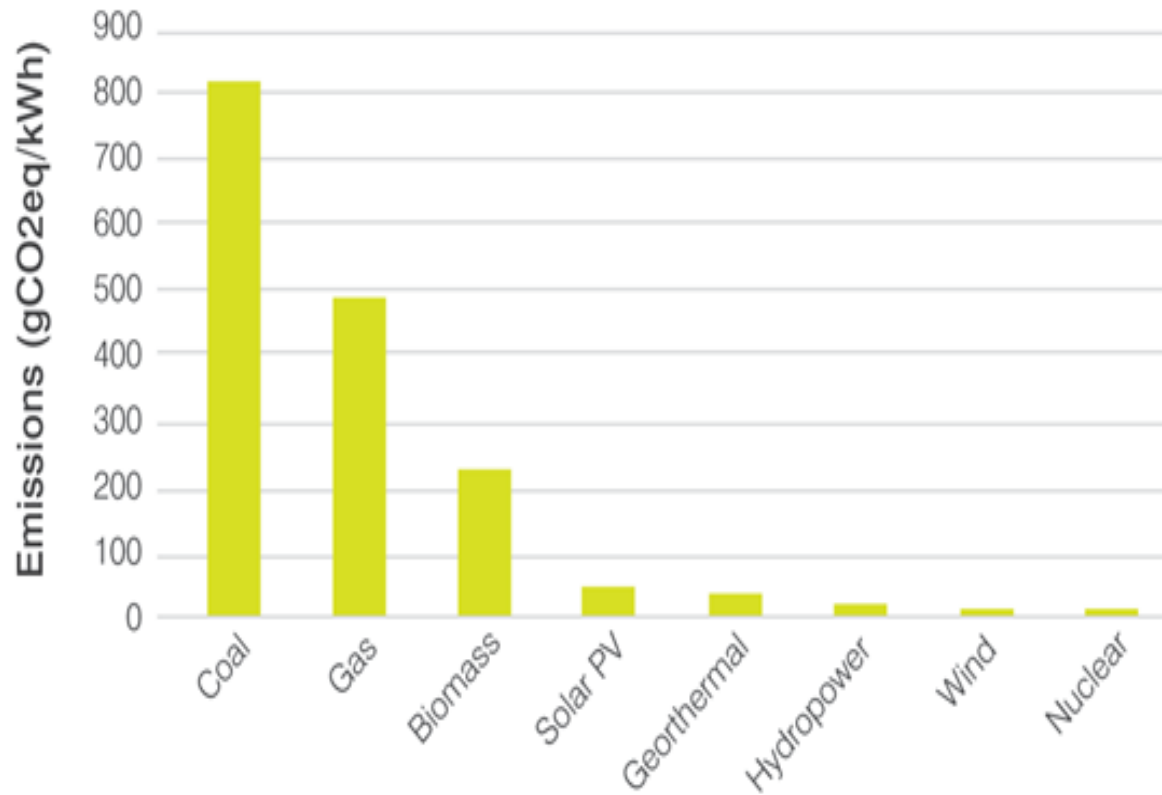


**Fonte: Projeções de Custos de Geração de Eletricidade – Edição de 2015 , AIE – Agência Internacional de Energia e Agência de Energia Nuclear da OECD**

## **A energia nuclear é uma das opções de baixo carbono mais eficientes em termos de custo para geração de eletricidade.**

De acordo com o relatório “World Energy Outlook 2018” da IEA (Agência Internacional de Energia), o custo da eletricidade na China, a partir do usinas eólicas terrestres, solares e eólicas marinhas é respectivamente, 16%, 50% e 140% superior à nuclear, mesmo sem incluir os custos adicionais de adaptar a rede e implementar a geração de backup para compensar o fornecimento intermitente. De acordo com a agência de Energia Nuclear da OCDE um mix energético baseado principalmente na energia nuclear é a opção mais econômica para a realização do objetivo de descarbonização de 50 g de CO<sub>2</sub> por kWh de eletricidade.

## Emissões de carbono de diversas tecnologias de geração de eletricidade

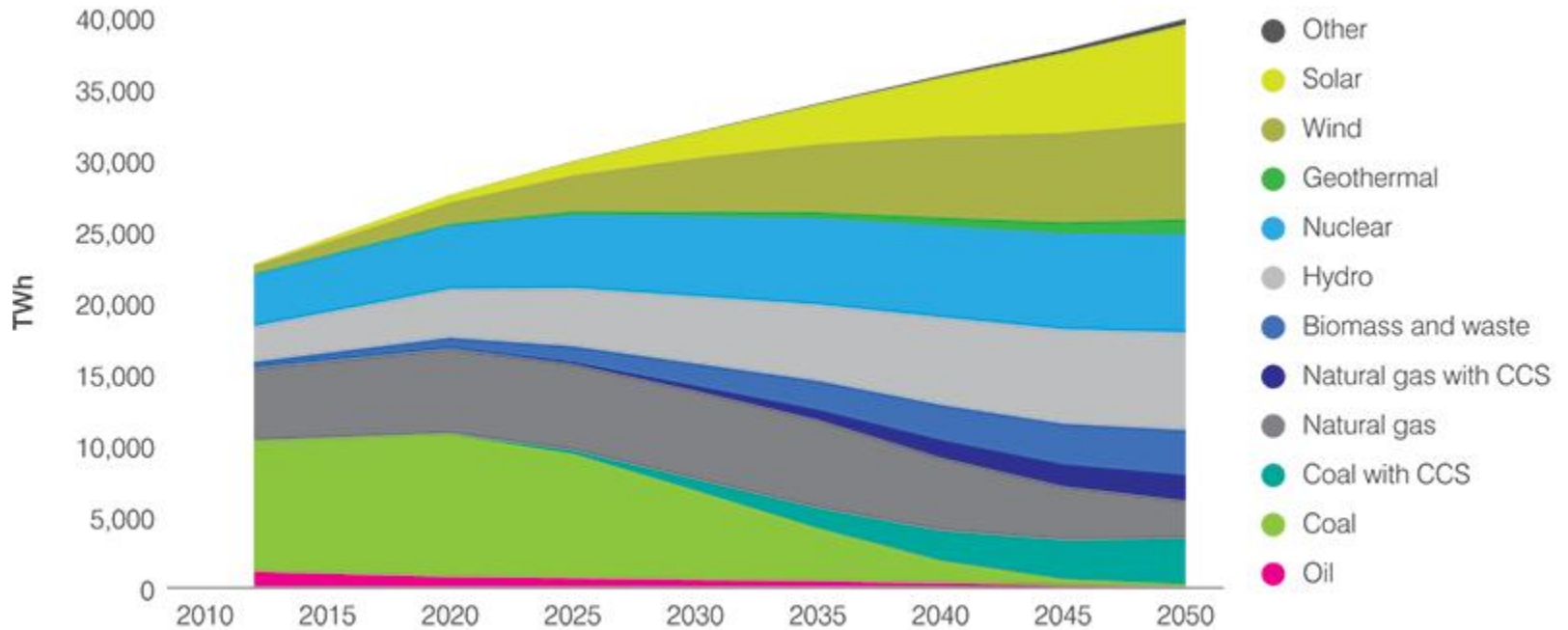


## **Previsão da participação da energia nuclear em 2050**

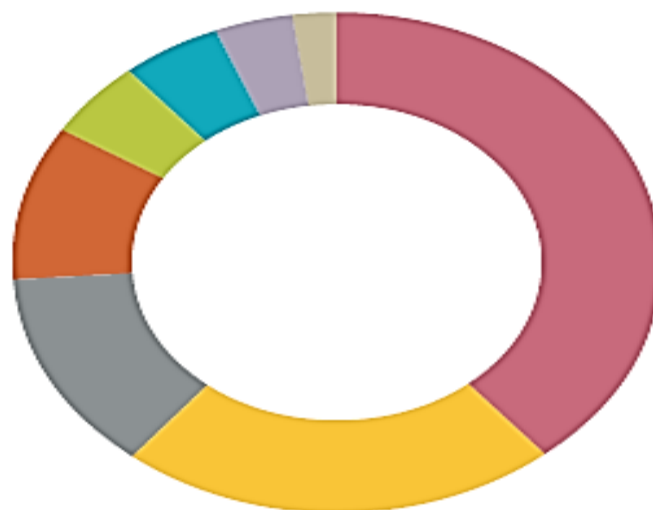
Para atender à crescente demanda por energia sustentável, é necessário que a energia nuclear possa participar com pelo menos 25% do total da eletricidade demandada em 2050, como parte de uma matriz mundial de baixo carbono, limpa e confiável. Isso significa que para alcançar esse patamar, a geração nuclear deverá triplicar globalmente, até 2050. O programa Harmony é uma iniciativa global da indústria nuclear que oferece uma estrutura de ação e trabalho junto aos principais interessados para que as barreiras a tal objetivo possam ser removidas.



## Previsão das fontes de geração de eletricidade até 2050

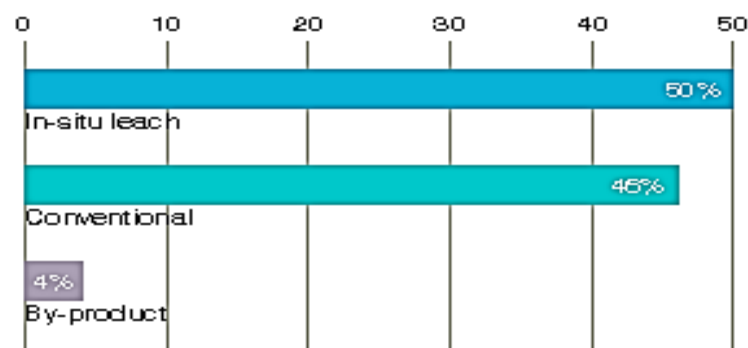


### World uranium production (2017)



- 39% Kazakhstan
- 22% Canada
- 13% All Africa
- 10% Australia
- 5% Others
- 5% Russia
- 4% Uzbekistan
- 2% USA

### Mining method (2017)



## Uranium production and resources

Country	2017 production (tU)	Uranium resources (tU)* <US\$130/kg
Australia	6662	1,666,000
Canada	13,116	466,000
China	1666	173,300
India	421	Not available
Kazakhstan	23,391	309,100
Namibia	4224	251,700
Niger	3449	266,600
Pakistan	46	Not available
Russia	2917	266,600
South Africa	306	336,100
Ukraine	660	96,100
USA	940	66,400
Uzbekistan	2404	76,000
Other	0	606,900
Total	59,531	4,663,900

## Reservas de Urânio por país em 2017

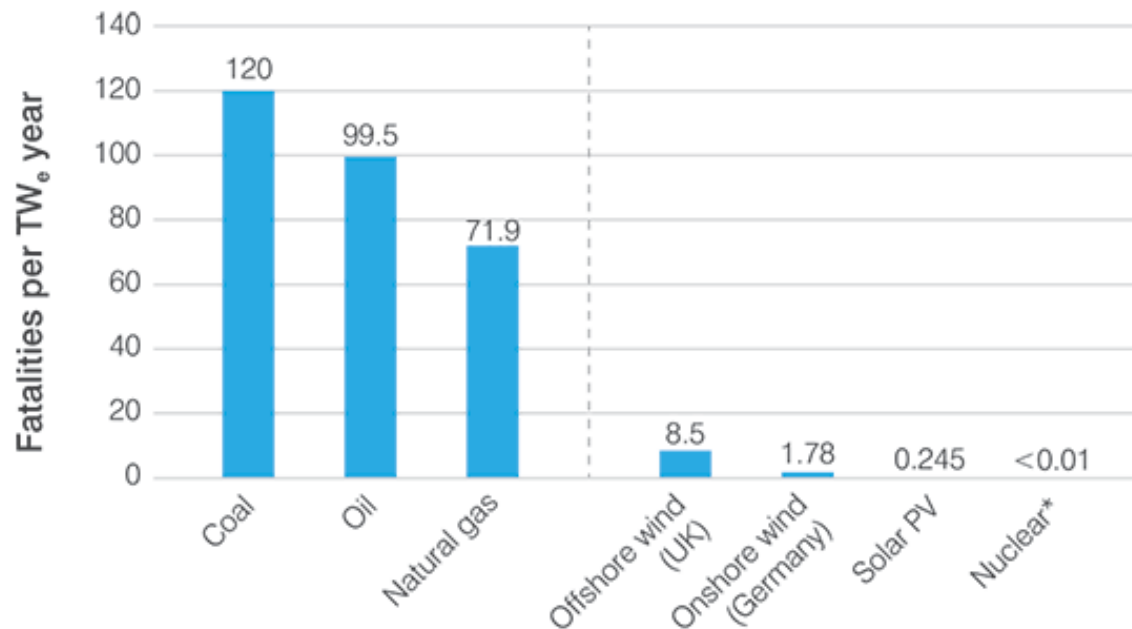
	Toneladas de U	% do total mundial
Australia	1,818,300	30%
Kazakhstan	842,200	14%
Canada	514,400	8%
Russia	485,600	8%
Namibia	442,100*	7%
South Africa	322,400	5%
China	290,400	5%
Niger	280,000*	5%
Brazil	276,800	5%
Uzbekistan	139,200*	2%
Ukraine	114,100	2%
Mongolia	113,500	2%
Botswana	73,500*	1%
Tanzania	58,200*	1%
USA	47,200	1%
Jordan	43,500	1%
Other	280,600	4%
Total mundial	6,142,600	100%

Reservas recuperáveis identificadas (**reservas razoavelmente seguras** mais reservas inferidas), a **US\$ 130/kg U**, 1/1/17, do OECD NEA & IAEA, *Uranium 2018: Resources, Production and Demand* ('Red Book'). O total identificado de reservas recuperáveis a **US\$ 260/kg U** é de **7,989** milhões de toneladas (Mt) de urânio.

As reservas identificadas “in situ” a **US\$ 130/kg U** são de **8,122 Mt**, e a **US\$ 260/kg U**, **10,653 Mt**.

\* estimativas da IAEA .

## A geração nuclear tem o menor número de fatalidades nos países da OECD



Source: Paul Scherrer Institut. Data for nuclear accidents modified to reflect UNSCEAR findings/recommendations 2012 and NRC SOARCA study 2015

**1) É verdade que não existe nível seguro de exposição às radiações nucleares?.**

- Embora isso seja dito como uma forma conservadora de proteção contra as radiações, não existe evidência científica de que seja assim. Baixos níveis de radiação comparáveis aos que existem normalmente na natureza (até 50mS/ano) não são perigosos para a saúde. 85% da radiação que recebemos existe no meio ambiente desde a formação da terra e apenas 15% provém da atividade humana dos quais 14% provém das práticas da medicina, água, combustíveis, etc. que usamos e apenas 1% é relacionado com atividades nucleares militares e geração de energia.

## **2) Os resíduos nucleares são um problema sem solução?**

- Em todos os países que usam energia nuclear existem procedimentos seguros estabelecidos para o manejo, transporte e estocagem dos rejeitos, custeados pelos usuários. Os resíduos são selados e monitorados e não são disseminados no ambiente. A estocagem é segura e protegida e existem planos definidos para sua disposição final.

**3) Os reatores nucleares são inseguros e Chernobyl é um exemplo típico que resultou numa infinidade de mortes?.**

A indústria nuclear tem um excelente índice de segurança, com mais de 12.000 reator-anos de operação durante mais de cinco décadas. O desastre de Chernobyl não teria nenhuma possibilidade de repetir-se em qualquer reator nuclear da época ou que venha a ser construído hoje.



#### **4) O transporte do urânio e de outros materiais radioativos é perigoso?**

Qualquer material desse tipo é transportado em contêineres fabricados especialmente para assegurar a segurança em qualquer circunstância. Os caminhões-tanque que transportam produtos petrolíferos nas vias públicas são mais perigosos que o trânsito de material radioativo em qualquer lugar.

**5) O reprocessamento de resíduos empobrecidos produz plutônio que pode ser usado para fabricação de bombas?**

O plutônio resultante do reprocessamento não serve para fazer bombas, mas é um valioso combustível que pode ser misturado com urânio empobrecido para produzir o “mixed oxid fuel” (MOX) e reutilizado nos reatores para produzir mais energia.

**6) A energia nuclear tem participação relevante na redução das emissões de dióxido de carbono CO<sub>2</sub>?**

Atualmente a energia nuclear evita a emissão de 2,5 bilhões t/ano de CO<sub>2</sub> em relação ao uso do carvão. Cada 22 toneladas de urânio utilizadas, evita a emissão de 1 milhão de toneladas de CO<sub>2</sub>. Duplicando a produção de energia nuclear evitar-se-ia um quarto das atuais emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da produção mundial de energia elétrica.