

# Estudo dos Impactos Socioeconômicos das Atividades Nucleares no Brasil



ABRIL / 2024

 **FGV ENERGIA**

## Sumário Executivo - Destaques

Contribuições da Geração de Energia Nuclear a cada R\$ 1 bilhão em Investimentos



Atividade  
(Produção)

+ R\$ 3,1 bilhões  
(68% no RJ)



PIB  
(Valor Adicionado)

+ R\$ 2,0 bilhões  
(80% no RJ)



Geração de  
Empregos Brasil

+ 22,5 mil  
(75% no RJ)

Contribuições da Atividade de Medicina Nuclear (2036)



## Urânio (2022)

109 mil tons  
de demanda global para 2035

58 novas Usinas  
(20 na China)

277 mil tons de Reservas  
no Brasil  
(5% das reservas globais)

## 0,01% de GEE

de Emissões do Setor de Elétrico

12 gCO<sub>2</sub> POR KWH

Em comparação a:

840 gCO<sub>2</sub> POR KWH (1,4%) do Carvão

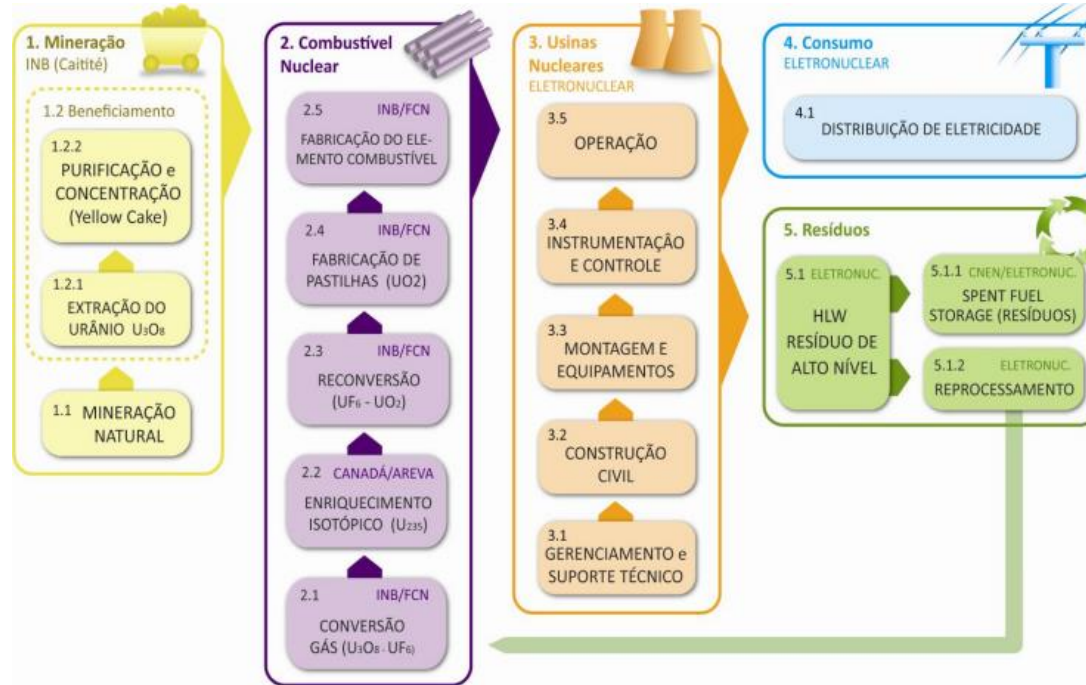
48 gCO<sub>2</sub> POR KWH (25%) da Solar

24 gCO<sub>2</sub> POR KWH (50%) da Hidro

# A Geração de Energia é o principal uso da tecnologia nuclear no Brasil e no Mundo...

- Responde por 14% da energia elétrica no mundo, com destaque para países como: França, Japão, Estados Unidos, Suécia, Espanha, China, Rússia, Coreia do Sul, Paquistão e Índia.<sup>1</sup>

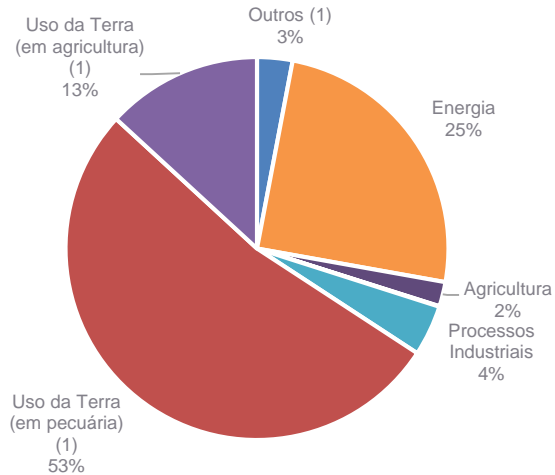
**Cadeia de Valor**



Sendo uma das formas de geração de energia com menor emissão de GEE..

**0,01% de GEE**  
do total de Emissões do Setor de  
Geração de Eletricidade

### Emissão de CO2 (t) por setor



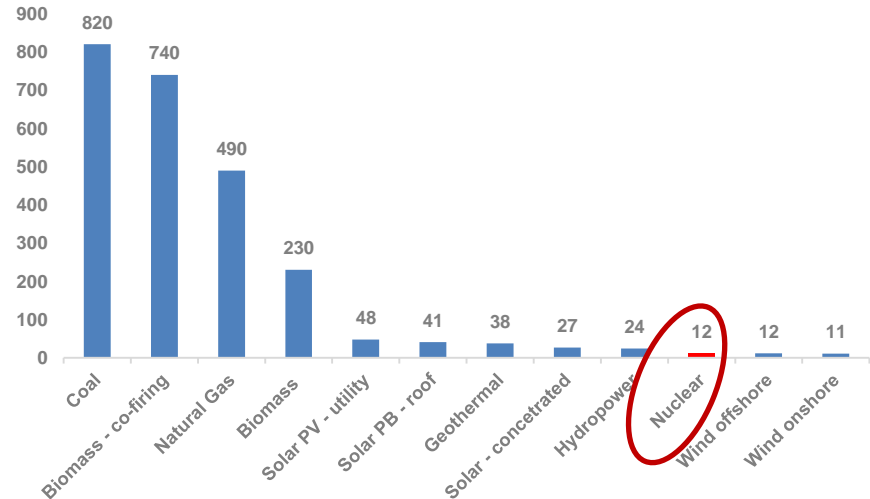
Fonte: Relatório Anual 2022 - Eletronuclear

Fonte: [Fonte: SEEG – Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, Observatório do Clima, acessado em [data] – <https://seeg.eco.br>

### Emissões da Energia Nuclear por Escopo (tCO2e)

	2020	2021	2022
Escopo 1 (Emissões diretas de GEE)	4.790,03	3.813,72	4.629,40
Escopo 2 ( Emissões indiretas de GEE e Energia)	434,03	808,20	282,56
Escopo 3 (Outras emissões indiretas de GEE)	1.378,71	1.604,56	2.008,48
<b>Total de emissões</b>	<b>6.602,77</b>	<b>6.226,48</b>	<b>6.920,44</b>

### Emissão de GC02 por KWH



## Com um alto impacto sobre as economias do Brasil e do Rio de Janeiro ..



Contribuição para a  
Produção - Brasil

**+ R\$ 3,1 bilhões**



Contribuição para  
o PIB - Brasil

**+ R\$ 2,0 bilhões**



Novos empregos  
para o Brasil

**+22,5 mil empregos**



Contribuição para a  
Produção - Rio

**+ R\$ 2,12 bilhões (68%)**



Contribuição para  
o PIB do Rio

**+ R\$ 1,6 bilhões (80%)**

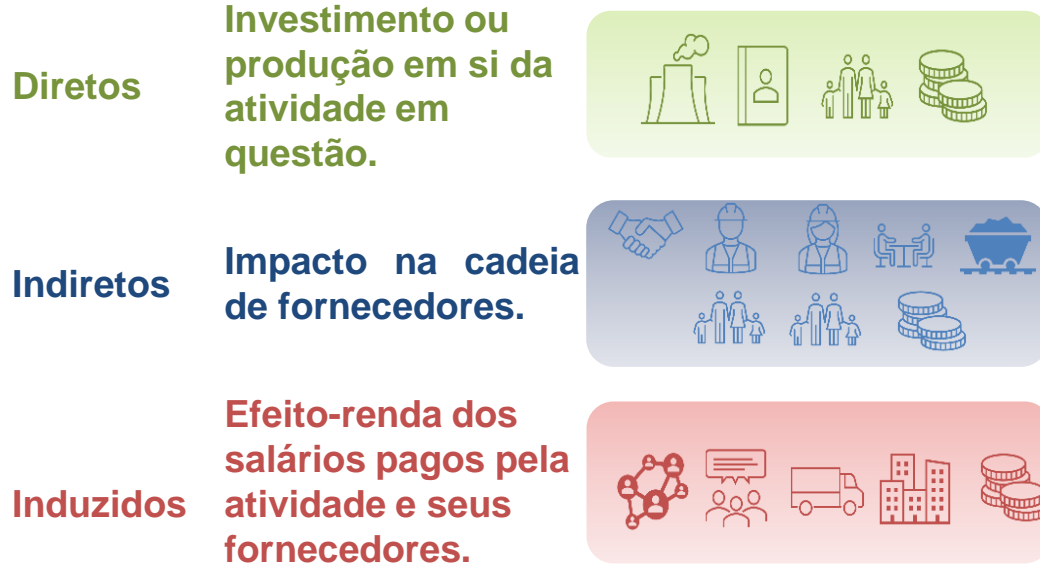


Novos empregos  
para o Rio

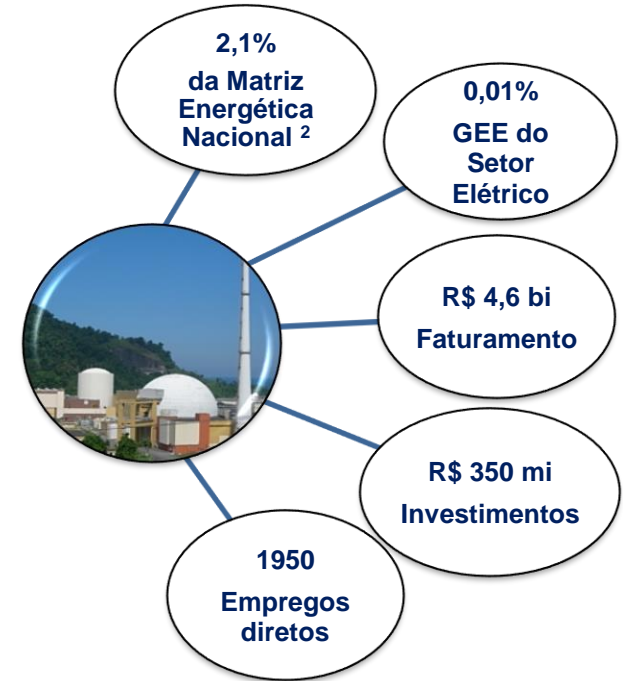
**+ 17 mil empregos (75%)**

Estimada a partir dos dados do setor e em metodologia internacional..

## Metodologia



## Energia Elétrica Nuclear 2020 (Angra I e II)



1: Link: <https://www.eletronuclear.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/Espaco-do-Conhecimento/Paginas/Energia-Nuclear.aspx>

2: Link: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-elétrica>.

Fonte: Eletronuclear e MCTI (dotação orçamentária), 2020.

Cujos resultados foram distribuídos entre efeitos diretos, indiretos e induzidos..



# Os investimentos em geração de energia nuclear devem crescer com o uso de Reatores Modulares (SMR) de pequena escala ..

## CARACTERÍSTICA PRINCIPAL

- Menor capacidade de geração de energia (até 300 MWe), enquanto as usinas convencionais produzem pelo menos 700 MWe.

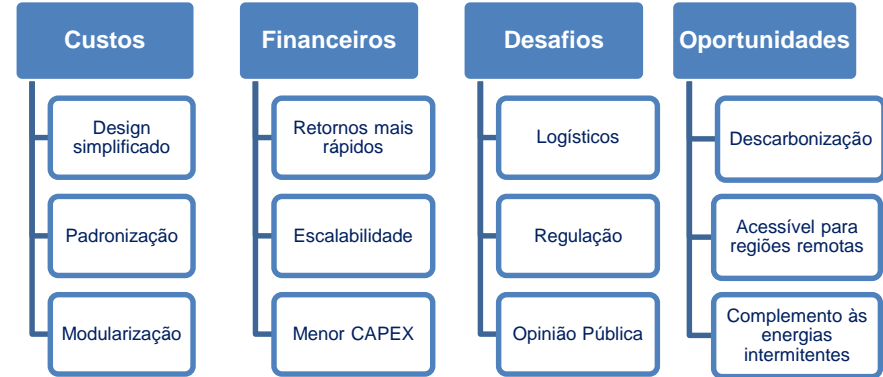
## APLICAÇÕES

- Áreas rurais com pouca infraestrutura elétrica;
- Fonte de energia reserva em situações de emergência;
- Substituto de geradores à diesel de comunidades e empresas;
- Locais afetados por desastres naturais.

## VANTAGENS

- Menor tempo de fabricação;
- É fabricado em módulos;
- Se ajusta a diversas situações.

## Vantagens e Desvantagens





## A Medicina Nuclear é outra atividade que se destaca, onde o uso da tecnologia nuclear tem um alto impacto social..

- São cerca de 60 procedimentos feitos na área, envolvendo:

Medicina in vivo

PET-CT

- A energia nuclear é aplicada em 436 serviços<sup>1</sup>, incluindo prevenção, diagnóstico e tratamento.

**MEDICINA**

*Usos variados em equipamentos e materiais nucleares em diagnósticos e tratamento de doenças, bem como na esterilização de equipamentos.*

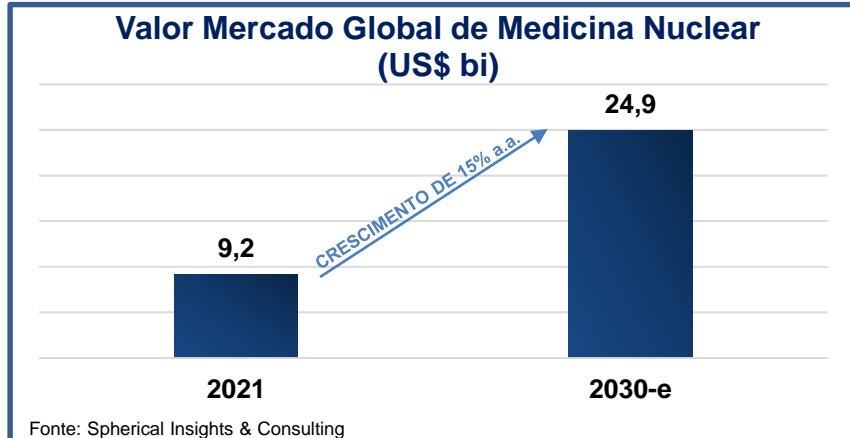


Imagem: PET CT. Link: <https://revista.abrle.org.br/saude/2021/08/pet-scan-o-que-e-e-sua-importancia-para-o-linfoma/>



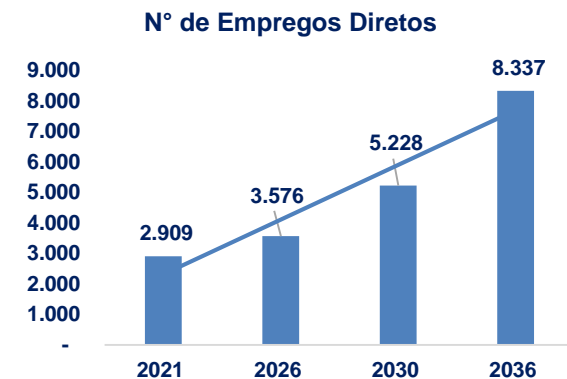
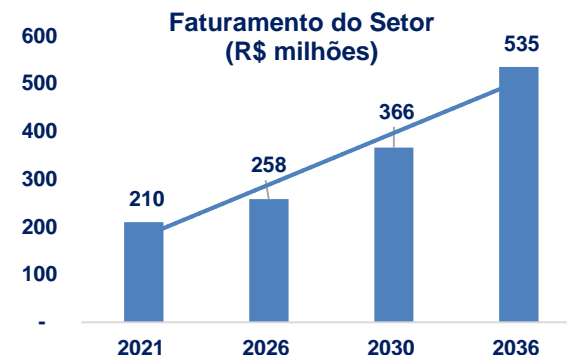
Imagem: PET CT. Link: <https://cl.med.br/ja-ouviu-falar-no-pet-scan-ou-pet-ct/>

## E um elevado potencial de crescimento para os próximos anos..

### Premissas

Principais Tópicos	Projeções
<p>Crescimento da População (6,3%)</p>	<p>População:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 219 milhões até 2026</li> <li><input type="checkbox"/> 223 milhões até 2030</li> <li><input type="checkbox"/> 227 milhões até 2036</li> </ul>
<p>Crescimento do setor (154%)</p>	<p>Faturamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 4% a.a. de 2021 a 2026</li> <li><input type="checkbox"/> 9% a.a. de 2027 a 2030</li> <li><input type="checkbox"/> 7% a.a. de 2031 a 2036</li> </ul>
<p>Empregos diretos e indiretos (186,6%)</p>	<p>Empregos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 4% a.a. de 2021 a 2026</li> <li><input type="checkbox"/> 10% a.a. de 2027 a 2030</li> <li><input type="checkbox"/> 8% a.a. de 2031 a 2036</li> </ul>

### Valores Projetados para 2036



1 Fontes: Leme, Beatriz. ABDAN. Plano Estratégico para o Desenvolvimento e Fortalecimento da Medicina Nuclear no Brasil: Perspectiva para os próximos 5 anos. Setembro, 2021. Atualizado pela FGV para (out/23)

2. IBGE – projeção do crescimento populacional

## Esse crescimento irá aumentar a demanda por um Reator Multipropósito Brasileiro (RMB), que irá permitir avanços na saúde e na pesquisa científica.

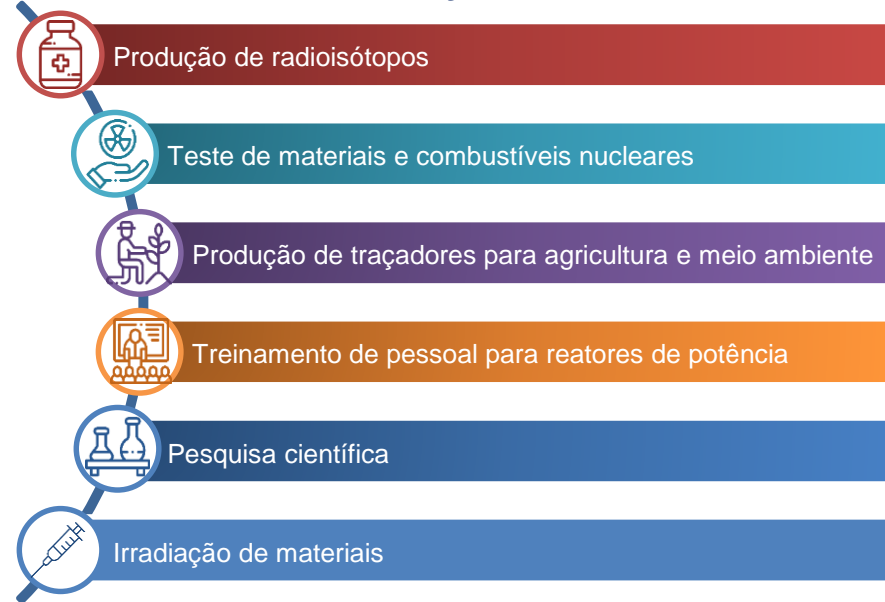
- ❑ O novo reator vem para suprir a lacuna deixada pelo reator canadense que respondia por mais de 40% da demanda mundial de tecnécio-99.
- ❑ O Brasil expandiu sua malha de fornecedores, mas o país ainda depende de fontes externas para abastecer seus hospitais e clínicas com insumos básicos para os tratamentos mais modernos.

### RMB em números

- Investimento de US\$ 500 milhões;
- Produção de radioisótopos para mais de 30 diferentes tipos de radiofármacos;
- Garantia de estabilidade no fornecimento de radioisótopos;
- Economia de cerca de mais de US\$ 13 milhões/ano com custos de importação; e
- Contribui para ampliação do número de clínicas e hospitais que oferecem serviços de medicina nuclear.

Obs: O tecnécio-99 é responsável por cerca de 80% dos procedimentos da MN.

### Aplicações do RMB



Fonte: COMEX STAT

Obs: O Tecnécio é obtido a partir do Molibdênio.

# Além da geração de energia e das aplicações na medicina, o setor nuclear apresenta outras aplicações em diferentes setores da economia

## 1) Agricultura

Aplicação em: i) desenvolvimento genético de alimentos; ii) controle do uso de fertilizantes (nitrogênio-15); e iii) controle de pragas; e iv) higienização de alimentos.



## 2) Bens de consumo

Produtos como detectores de fumaça, relógios de pulso e outros bens de consumo utilizam pequenas quantidades de material radioativo.



## 3) Indústria

Aplicação em: i) sistemas de monitoramento de vazamentos em gases, líquidos e sólidos por meio de radiação (raios gama); ii) Detecção de material em tubos e esteiras transportadores



## 4) Recursos hídricos

Rastreamento de fontes renováveis de água, busca de novos reservatórios subterrâneos e no rastreamento de poluentes.



## 5) Transporte

Fonte alternativa de energia no transporte marítimo e terrestre principalmente.



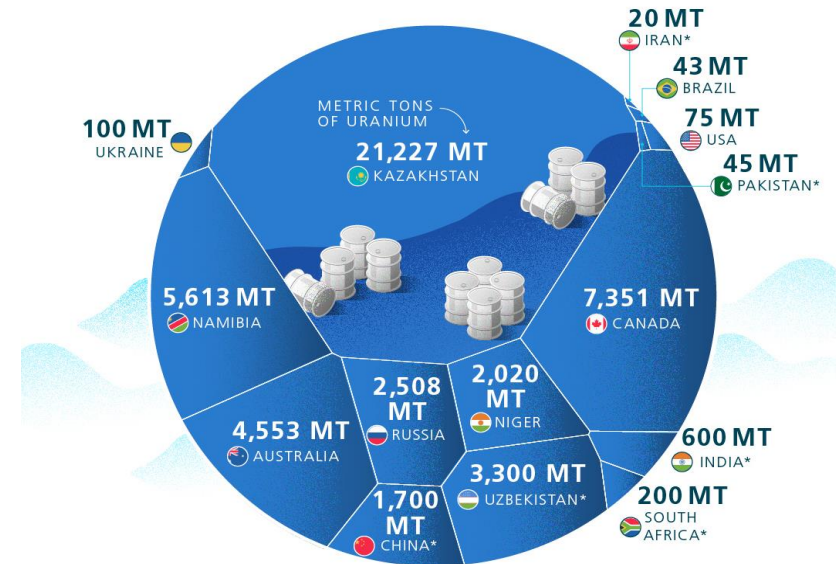
# Finalmente, o cenário geopolítico e de transição energética podem abrir novas de oportunidades para o Brasil.

- ❑ US, Canadá, França, Japão e Reino Unido anunciaram, na COP28 (em dez/23), planos de investir US\$ 4,2 bilhões (€3,9 bilhões), nos próximos 3 anos, para desenvolver uma cadeia de suprimentos global de energia nuclear segura e confiável.
- ❑ Os investimentos públicos e privados aumentarão a capacidade de enriquecimento e conversão de urânio, independente de suprimentos da Rússia (que detém aprox. 50% do mercado).<sup>1</sup>

## Questões Geopolíticas que podem ameaçar o suprimento de Urânio

<p><b>Sanções ao urânio e serviços da Rússia</b></p>	<p><b>Quebra do suprimento do Cazaquistão em função de um possível impedimento da passagem para escoamento pela Rússia</b></p>	<p><b>Determinação do Governo do Niger em reduzir as exportações de urânio</b></p>
--	--	--

## Produção de Urânio no Mundo



Fonte: Visual Capitalist, The Global Uranium Market in 3 Charts, 8/12/2023, a partir de dados originais no World Nuclear Association, ago 2023. Link: <https://www.visualcapitalist.com/sp/the-global-uranium-market-in-3-charts/>. Acesso em: 11/12/2023.

Fonte: Visual Capitalist, The Global Uranium Market in 3 Charts, 8/12/2023.

1 Fonte: NUCNET. Link: <https://www.nucnet.org/news/sapporo-5-leaders-announce-usd4-2-billion-investment-in-uranium-market-free-from-russian-influence-12-4-2023>. Acesso em 11/12/2023.

## Diante das oportunidades, está em discussão no Congresso projetos que permitem ao Brasil exportar o mineral beneficiado (U3O8)

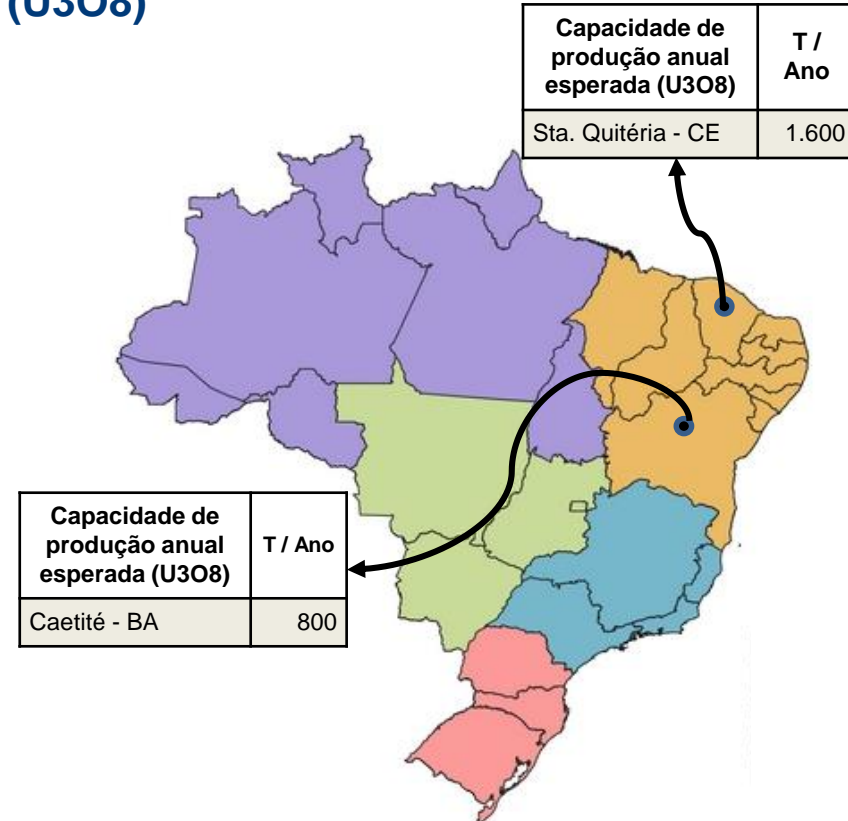
- ❑ O Brasil tem apenas 30% do seu território prospectado e possui 5% das reservas mundiais de urânio, estimadas em 276.800 ton, sendo a 8ª maior reserva global do minério.

RESUMO (U3O8)	Ton (2022)
Produção anual Brasil	51
Consumo anual Brasil	466
<b>Déficit atual</b>	<b>415</b>

Produção	Em Kg UTS/ano
Usina Enriquecimento - Capacidade Instalada	70
Projeção de produção de urânio enriquecido (2037)	500

Capacidade de produção anual esperada (U3O8)	T / Ano
Caetité <sup>1</sup>	800
Santa Quitéria (2024) <sup>2</sup>	1.600
<b>Total</b>	<b>2.400</b>

	Tons
Total das nossas reservas de Urânio	276.800



1.A reserva de Caetité, com um investimento de US\$ 150 milhões, projeta ampliar a sua capacidade de produção para 500 t/ano até 2027, sendo que a capacidade total estimada é de 800 t/ano.

2.A reserva de Santa Quitéria possui uma capacidade de produção estimada, quando em operação de 1.600 t/ano a partir de 2024.

## Que enfrentam desafios

- ❑ O urânio só pode ser exportado na forma do elemento U3O8 (*yellowcake*), exigindo um beneficiamento após a sua extração *in natura*;
- ❑ São precisos 5 a 10 anos para o início da operação de uma mina de urânio, tal como a Santa Quitéria. Esse prazo engloba do *greenfield*, as fases de licença e a construção da usina de beneficiamento U3O8, até o início da extração;
- ❑ Embora a produção atual possa suprir a demanda nacional, algumas etapas de enriquecimento são feitas no exterior, para então o urânio retornar ao país na forma do elemento UF6 enriquecido;
- ❑ O CNPE e o CDPNB determinam periodicamente as quantidades da reserva estratégica em termos de U3O8 (Yellowcake) e UF6 natural.
- ❑ Salvo pela existência de algum impedimento legal ou normativo (que poderia ser alterado mediante a revisão do marco regulatório),
- ❑ O papel de estabelecimento dessa reserva poderá ser estipulado por algum órgão superior ou órgão colegiado (CNPE, MME, ENBPAR, Ministério da Defesa e Marinha do Brasil, ou no CDPNB).



Imagem: INB. Mina de Caetité

## Destaques

- A geração de energia responde pela principal aplicação civil da tecnologia nuclear no Brasil, sendo responsável por gerar o equivalente a R\$ 2 bilhões de PIB (valor adicionado) e 22,6 mil empregos, para cada R\$ 1 bilhão investidos. Esses benefícios deverão crescer ainda mais com os investimentos nos reatores nucleares de pequena escala (SMRs);
- A aplicação da tecnologia nuclear na saúde tem grande impacto social e potencial de crescimento para atendimento à população, por meio de produtos oriundos dos reatores multipropósitos;
- As aplicações das tecnologias nucleares, em outras atividades econômicas, também têm grande potencial de crescimento, gerando cada vez mais valor para a economia; e
- Finalmente, os desafios geopolíticos e da transição energética abrem novas oportunidades para o Brasil expandir os investimentos na produção da matéria-prima beneficiada para a exportação.



The image features a large, multi-story office building with a grid of windows, partially obscured by a semi-transparent blue and green overlay. The building has a small 'FGV' logo on its upper left corner. In the foreground, there are silhouettes of trees. The overall aesthetic is clean and professional, with a focus on the company's branding.

 **FGV ENERGIA**