Documento confidencial exclusivo para participantes do projeto

Estudo dos Impactos Socioeconômicos das Atividades Nucleares no Brasil

Produto 5 - Relatório Final Consolidado

15 de dezembro de 2023

FGV ENERGIA

1	Sumário Executivo
2	Geração de Energia Nuclear
3	Medicina Nuclear
4	Outros Usos
5	Oportunidades na Produção e Exportação de Urânio

1 Sumário Executivo

Sumário Executivo - Destaques

FGV ENERGIA

Contribuições da Atividade de Geração de Energia Nuclear para a cada R$ 1 bilhão em investimentos

Contribuição para a Produção Brasil

+ R$ 3,1 bilhões
(68% no RJ)

Contribuição para o PIB Brasil

+ 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 t
de demanda global para 2035

58 novas Usinas
(20 na China)

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

0,01% de GEE

de Emissões do Setor de Elétrico

12 $gC0_2$ por KWh

Em comparação a:

840 $gC0_2$ por KWh (1,4%) do Carvão
48 $gC0_2$ por KWh (25%) da Solar
24 $gC0_2$ por KWh (50%) da Hidro

35 anos ABDAN Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

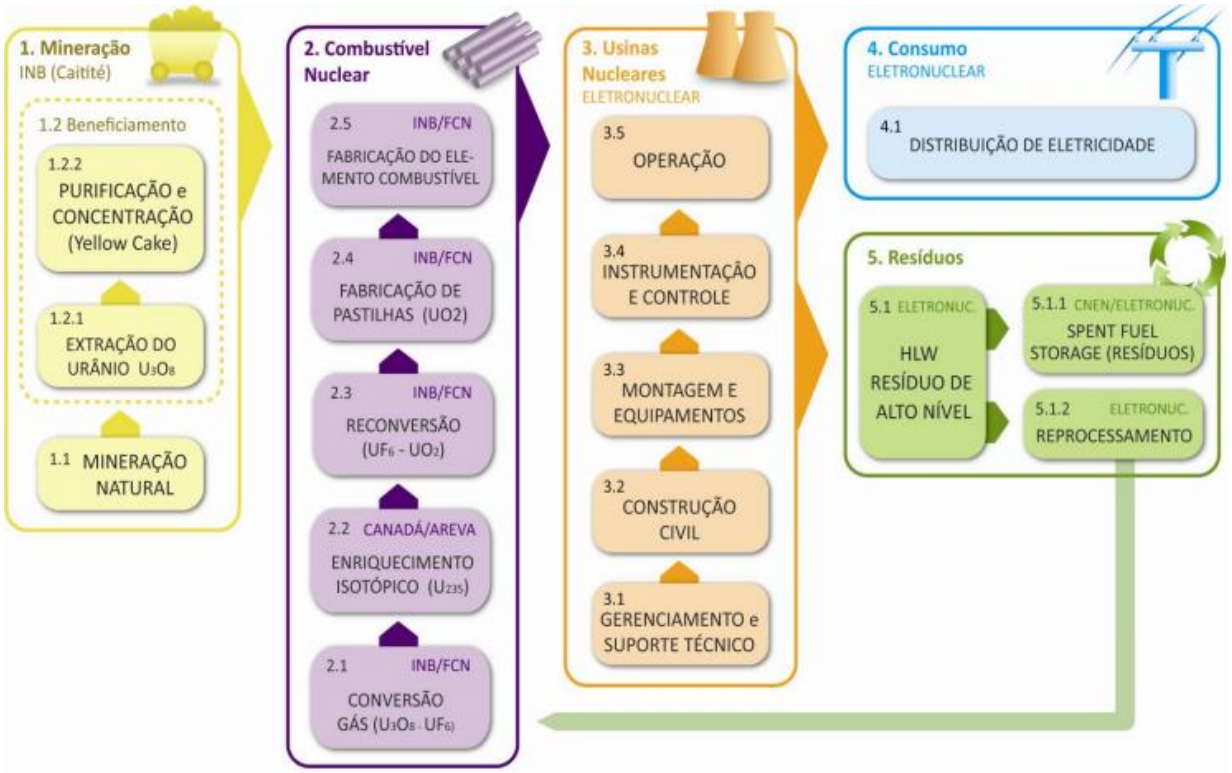
2 Geração de Energia Nuclear

A geração de energia é a principal aplicação da atividade nuclear no Brasil e no Mundo...

FGV ENERGIA

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

Cadeia de Valor



EQUIPAMENTOS

Angra I

Início das operações: 1985
Potência: 640 MW
Capacidade: Gera energia suficiente para suprir uma cidade de 1 milhão de habitantes.
Situação atual: Está em estudo a sua modernização

Angra II

Iniciou as operações: 2001
Potência: 1.350 MW
Capacidade: Gera energia suficiente para suprir uma cidade de 2 milhões de habitantes.
Situação atual: em operação.

Angra III

Obras iniciadas em 2010 e paralisadas desde 2015, com 70% da usina concluída. O Capex estimado para sua conclusão é de R$ 20 bilhões. Estudos para a sua retomada foram incluídos no Novo PAC. Quando concluída terá 1.405 MW de potência.

Fonte: Estudo da Cadeia de Suprimento do Programa Nuclear Brasileiro. CGEE. Dez 2010

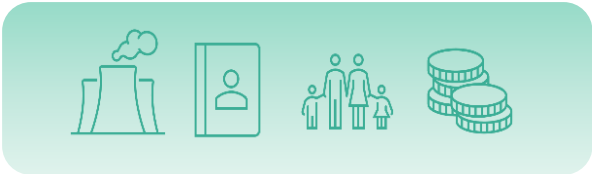
35 anos ABDAN Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

A atividade traz significativas contribuições para a economia do País e do Estado do Rio de Janeiro

FGV ENERGIA

Metodologia

Diretos — Investimento ou produção em si da atividade em questão.



Indiretos — Impacto na cadeia de fornecedores.

Induzidos — Efeito-renda dos salários pagos pela atividade e seus fornecedores.

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.

35 anos ABDAN Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

A fim de medir essa contribuição, foi desenvolvido um estudo com base na Matriz Insumo-Produto e nos vetores de investimentos

METODOLOGIA

- Foi calculado quanto cada real investido no desenvolvimento de uma nova central nuclear é capaz de gerar em termos de renda e empregos nos demais setores da economia.
- Para tal foi utilizado um **Modelo de Insumo-Produto**, que é uma metodologia consagrada para estudos dessa natureza.

Vetor de investimentos em Geração de Energia Nuclear (VBP)

O impacto para cada R$1 bilhão investido foi medido sobre as economias do Brasil e do Estado do Rio de Janeiro

FGV ENERGIA

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%)

35 anos ABDAN Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

Distribuídos em efeitos diretos, indiretos e induzidos no Valor da Produção, no PIB e na Geração de Empregos

FGV ENERGIA

	Valor Bruto da Produção	Valor Adicionado (PIB)	Empregos Gerados
Impacto Direto	+ R$ 1,0 bilhão	+ R$ 1 bilhão	+ 9.421 empregos
Impacto Indireto	+ R$ 1,29 bilhão	+ R$ 548 milhões	+ 6.500 empregos
Impacto Induzido	+ R$ 845 milhões	+ R$ 449 milhões	+ 6.665 empregos
Impacto Total	**+ R$ 3,14 bilhões**	**+ R$ 2 bilhões**	**+22.572 empregos**

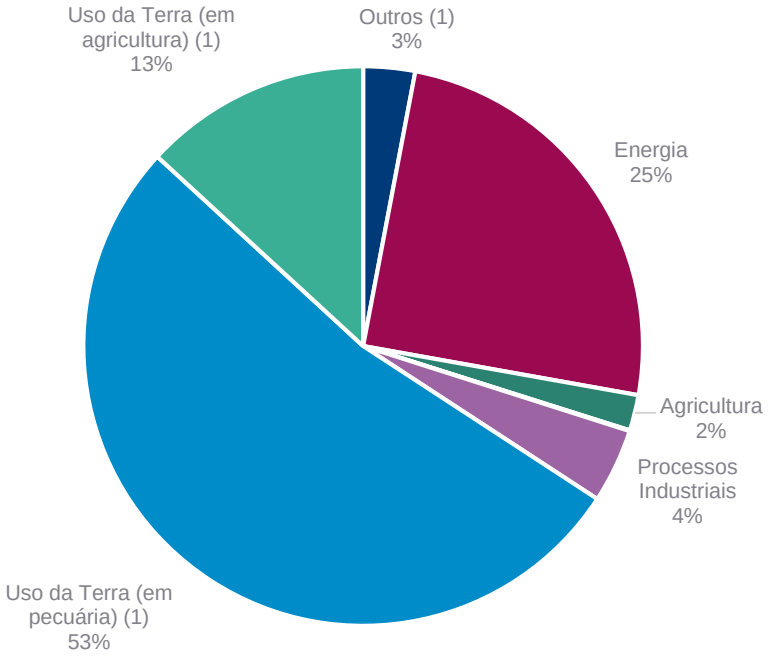
35 anos ABDAN Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

Recentemente, a energia nuclear ganhou papel de destaque para o atingimento das metas mundiais de descarbonização

FGV ENERGIA

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

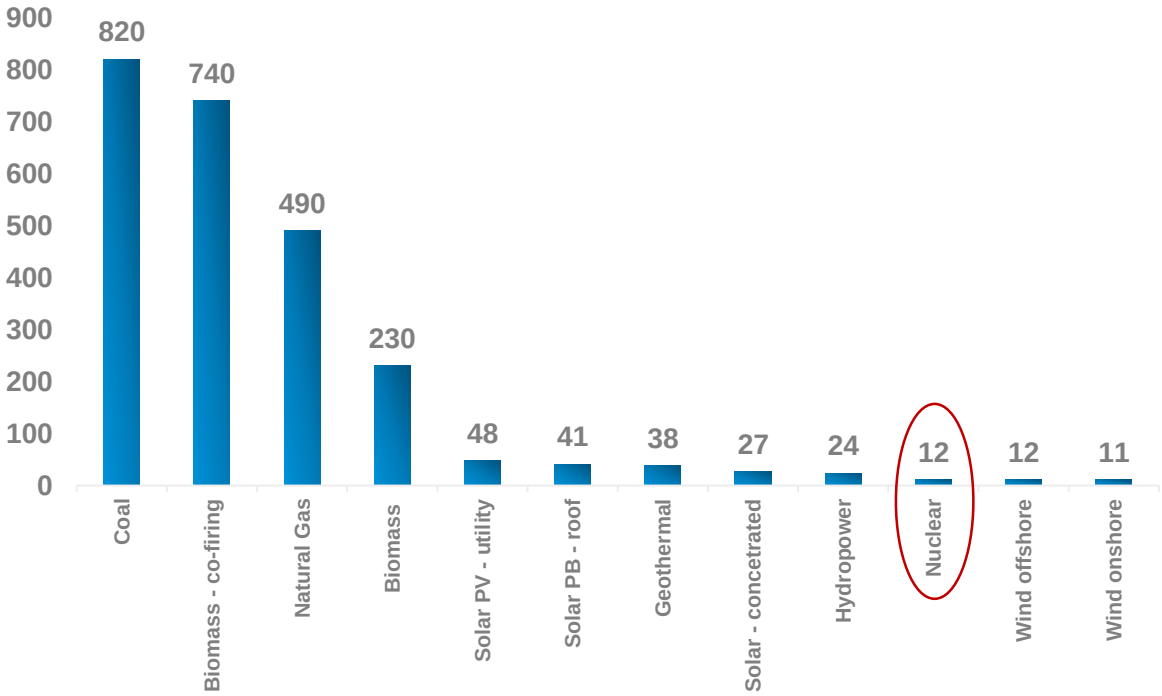
Emissão de CO2 (t) por setor



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
Total de emissões	**6.602,77**	**6.226,48**	**6.920,44**

Emissão de GC02 por KWH



(1) Nota: O setor de mudança do uso da terra e florestas reporta as emissões brutas e líquidas de GEE relacionadas aos processos de mudanças dos estoques de biomassa e matéria orgânica existentes acima e abaixo do solo, além de emissões por queima de resíduos florestais.
Fonte: Relatório Anual 2022 – Eletronuclear. Link: https://plataforma.seeg.eco.br/?highlight=br-emissions-by-sector-energy. Acesso: 14/12/2013.

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

35 anos ABDAN Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

Neste sentido, os investimentos se voltam para os Reatores Modulares (SMR) de pequena escala

FGV ENERGIA

CARACTERÍSTICA PRINCIPAL

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

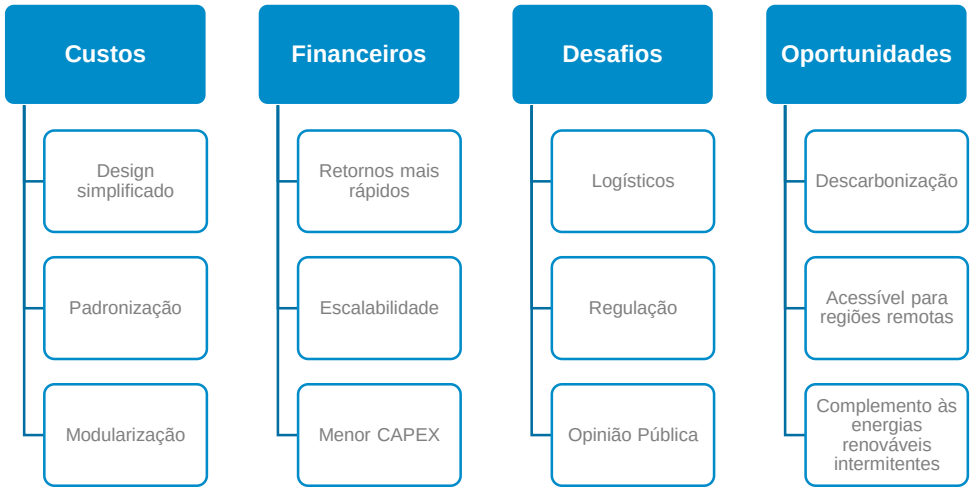
APLICAÇÕES

- 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.

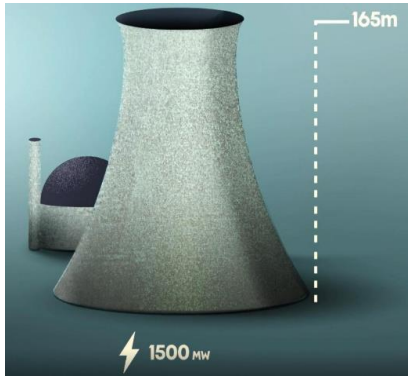
VANTAGENS

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

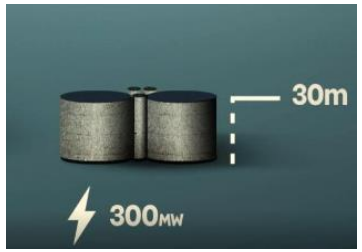
Vantagens e Simplificações dos SMRs



Reatores tradicionais de Usinas



Reator Modular



Notas: LMFR = Liquid metal fast reactor; GMFR = Gas modular fast reactor; HTGR = High temperature gas reactor.
Fonte: IAEA (2020).

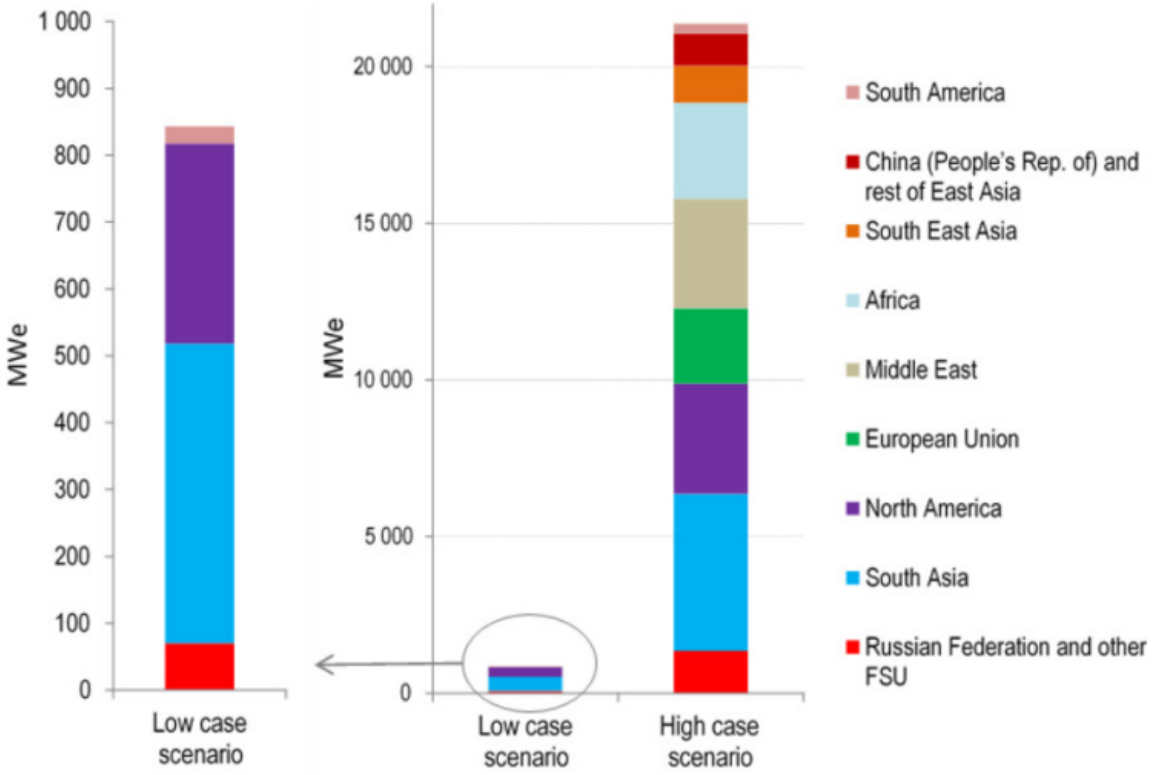
Fontes: Small Modular Reactors: Challenges and Opportunities, NEA e OECD.

35 anos ABDAN Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

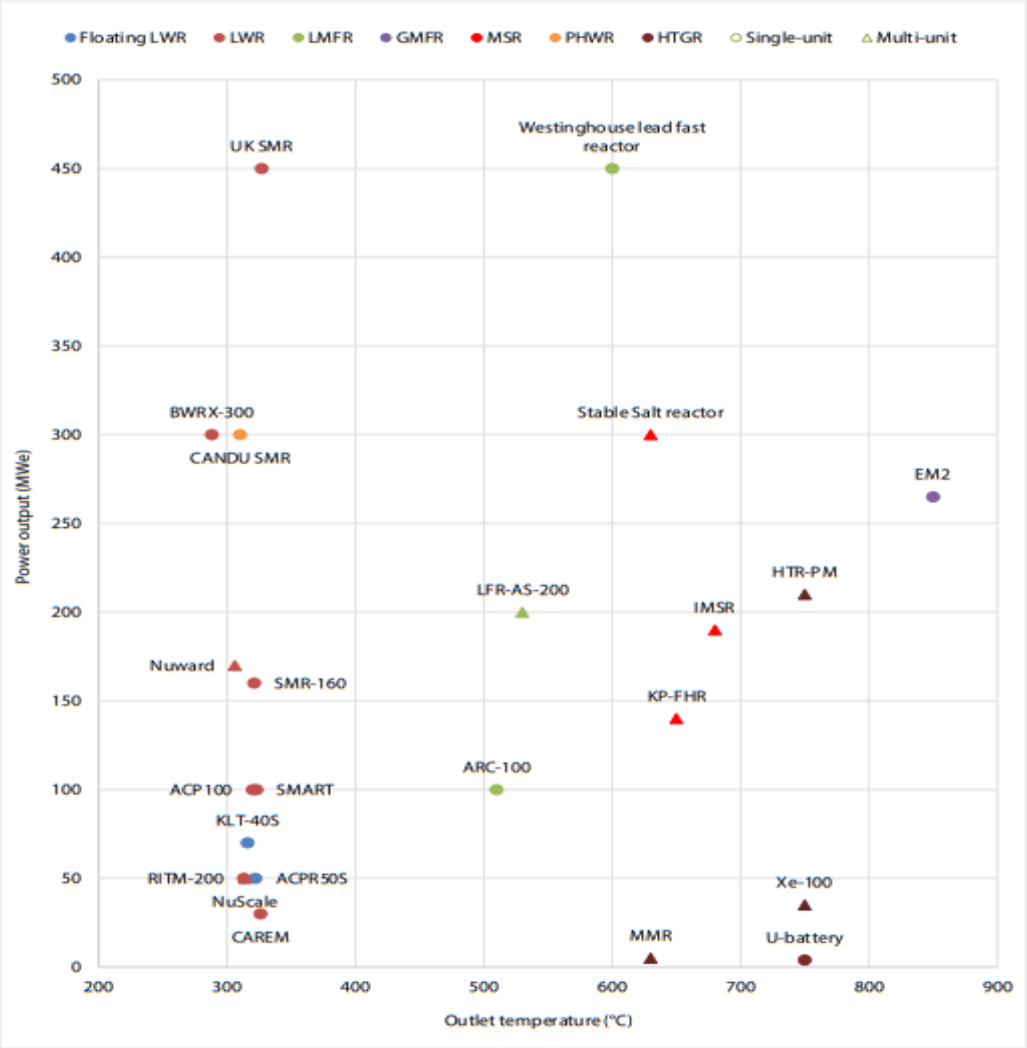
O cenário projetado para 2035 é de que os SMRs estejam respondendo por 20.000 MWe de energia no mundo

FGV ENERGIA

Estimativa da energia a ser produzida a partir de SMRs em 2035



Tipos de SMRs, seus níveis de produção de energia e calor liberado



Fonte: NEA (2016)
Note: This market outlook is in line with estimates from UxC (2013), which also foresee up to 20 GWe of installed capacity globally by 2035. The National Nuclear Laboratory (NNL, 2014) in the United Kingdom anticipates a larger market potential, with up to 65 GWe of installed capacity by 2035.

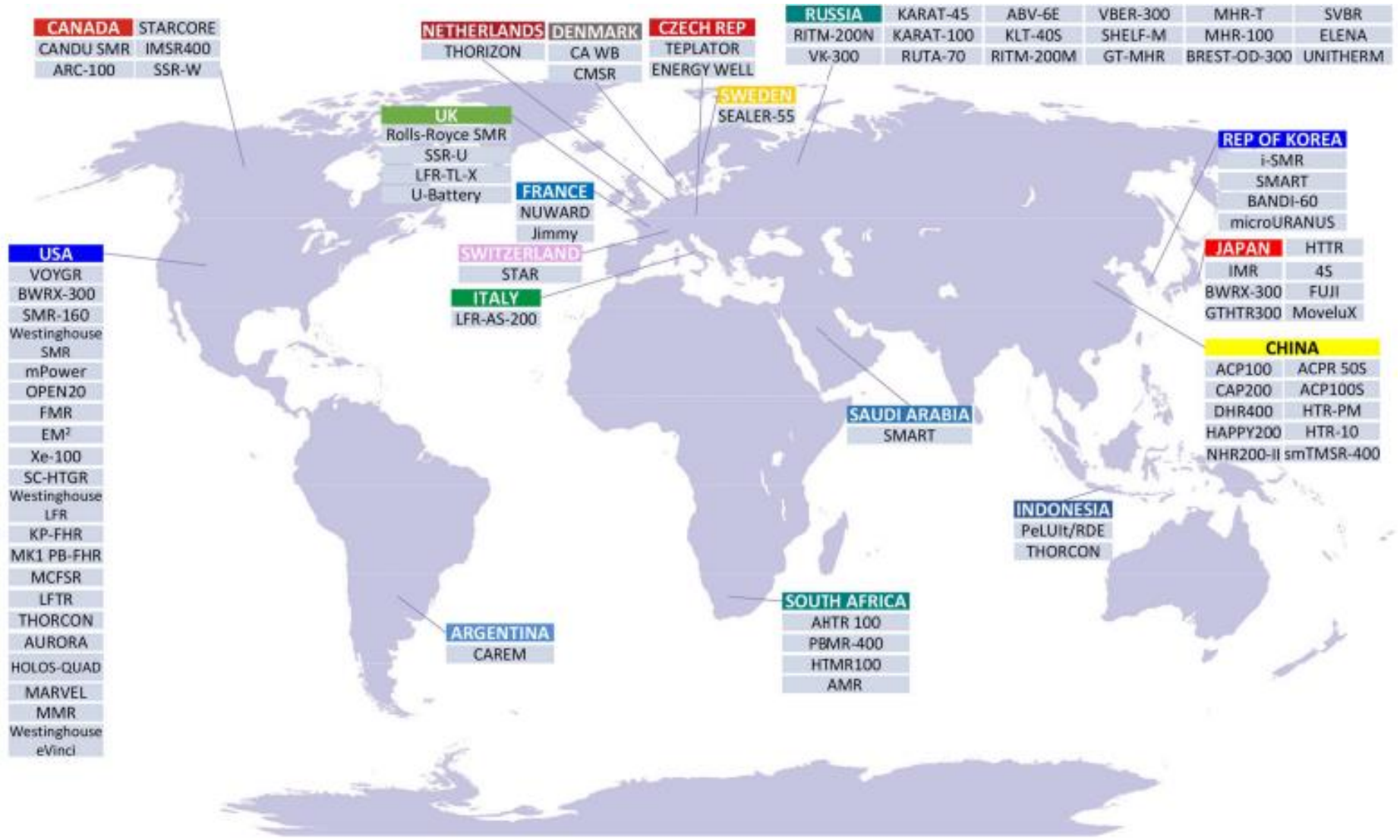
Link: https://www.dw.com/pt-br/energia-nuclear-o-qu%C3%A3o-seguros-s%C3%A3o-os-cobi%C3%A7ados-pequenos-reatores-modulares/video-65825363

35 anos ABDAN Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

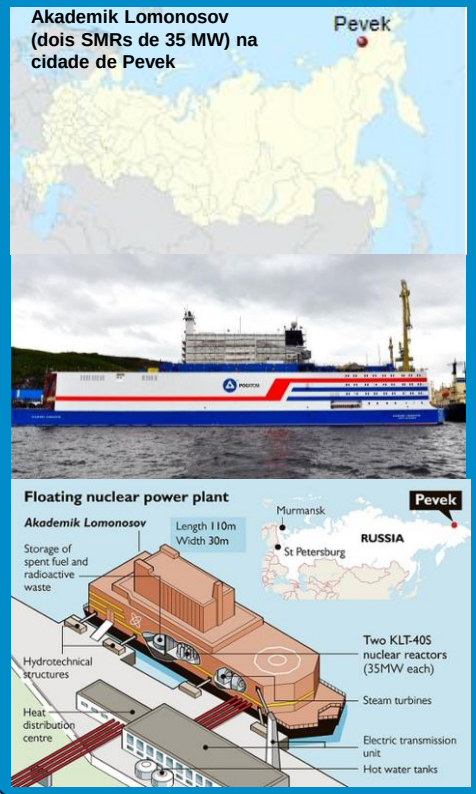
Atualmente, EUA lidera a construção de SMRs no mundo, seguido da Rússia e da China

FGV ENERGIA

Mapa do desenvolvimento da tecnologia SMR no mundo



Reator Modular Flutuante - Russia



Fonte: Advances in Small Modular Reactor Technology Developments
A Supplement to: IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS); 2022 Edition.

35 anos ABDAN Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

3 Medicina Nuclear

A Medicina é a segunda maior atividade que se utiliza de tecnologia nuclear

FGV ENERGIA

MEDICINA

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

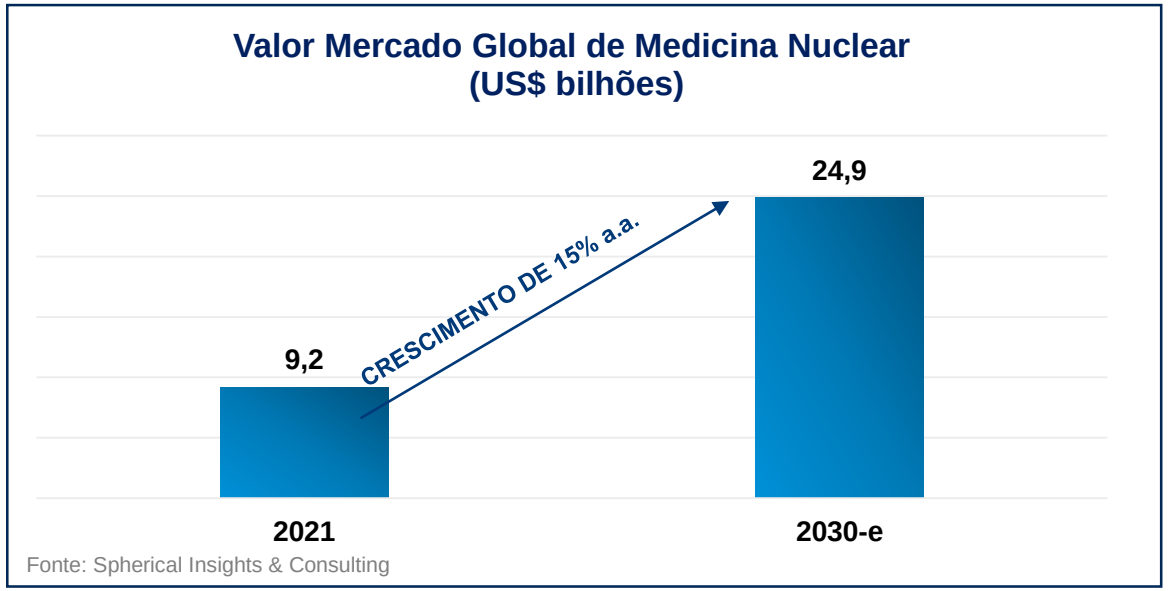
- São cerca de 60 procedimentos feitos na área, envolvendo:

Medicina in vivo | **PET-CT**

- O procedimento mais comum é a cintilografia do miocárdio;
- A energia nuclear é aplicada na medicina em 436 serviços[1], da seguinte forma:
  - Prevenção: Esterilização de instrumentos hospitalares;
  - Diagnóstico: Raio-X, Raio-γ e Radiofármacos;
  - Tratamento: Radioterapia, Braquiterapia e Radiofármacos.

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

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



1 Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear, 2019.

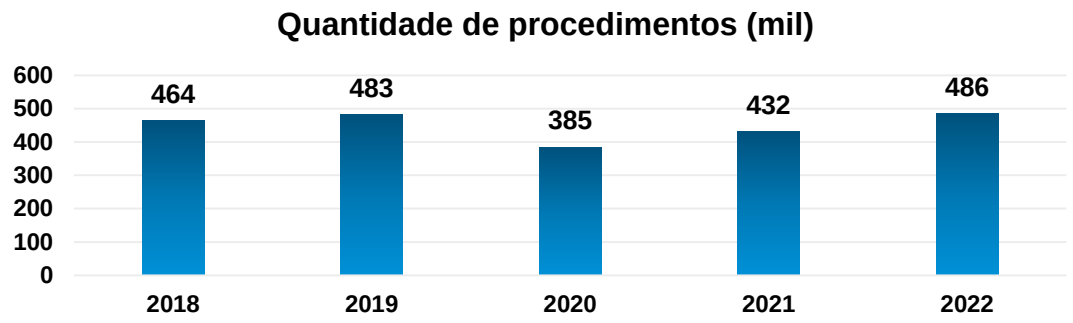
35 anos ABDAN Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

O setor de Medicina Nuclear no Brasil tem se desenvolvido, embora seja dependente de insumos importados

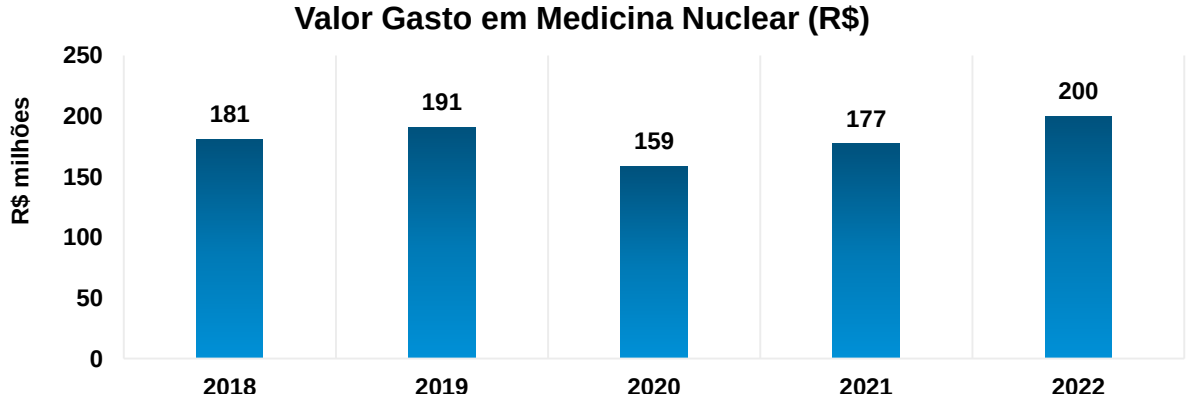
FGV ENERGIA

MEDICINA

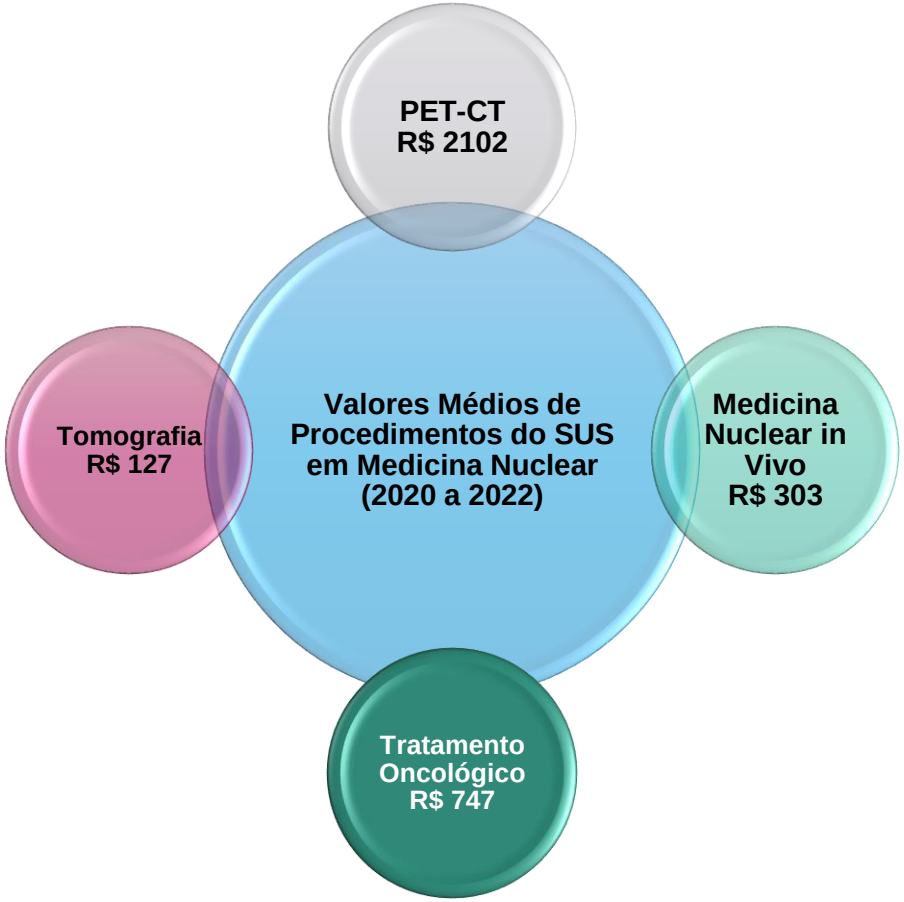
- Em 2022, o SUS fez 486 mil procedimentos diagnóstico por **medicina nuclear in vivo** e **PET-CT.**



- Os gastos do SUS, no mesmo ano, foram de R$ 200 milhões em procedimentos que envolveram Medicina Nuclear, representando uma recuperação de 13% em relação ao verificado no ano anterior.



- O PET-CT é o procedimentos, em medicina nuclear, com valores médios mais elevados: de R$ 2.102,00.



Fonte: Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil – CNES., extraído do Tabnet – Sistema Único de Saúde (SUS).

35 anos ABDAN Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

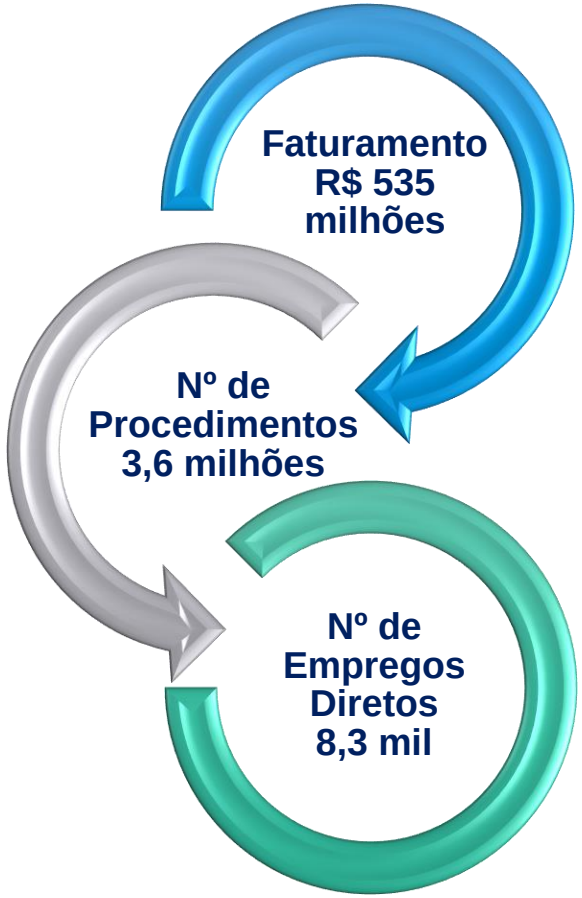
As projeções promissoras para o crescimento do setor partem da premissa do início das operações do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) e da capacidade de interiorização do serviço

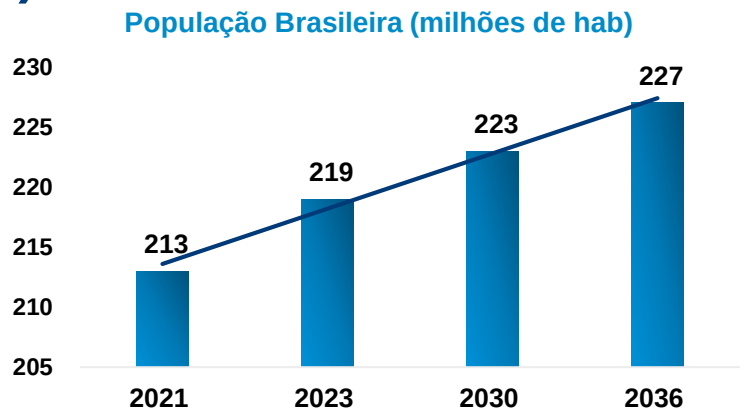
FGV ENERGIA

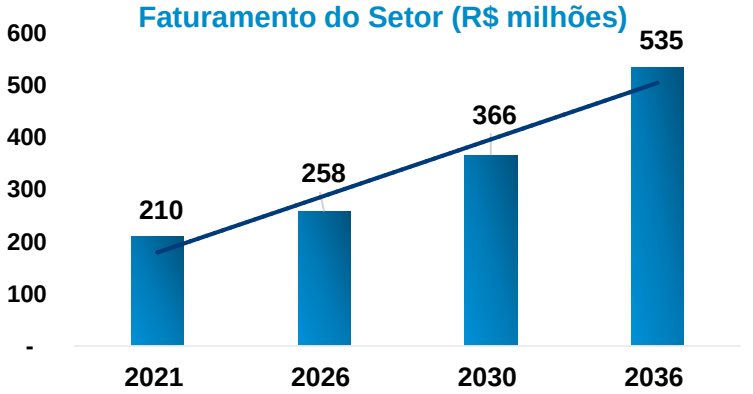
Premissas

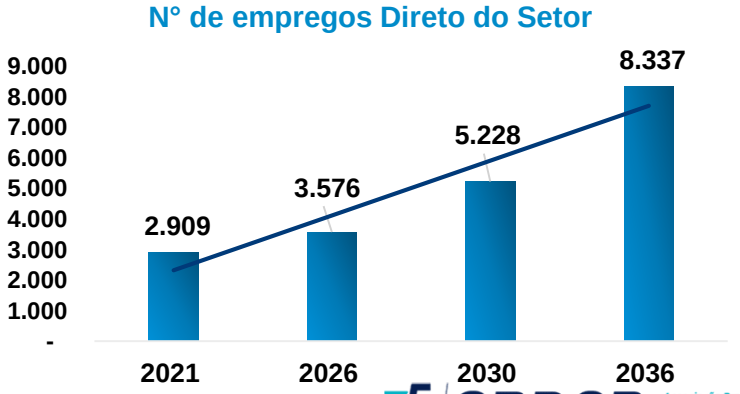
Principais Tópicos	Projeções
Crescimento da População (6,3%)	População: ❑ 219 milhões até 2026 ❑ 223 milhões até 2030 ❑ 227 milhões até 2036
Crescimento do setor (154%)	Faturamento: ❑ 4% a.a. de 2021 a 2026 ❑ 9% a.a. de 2027 a 2030 ❑ 7% a.a. de 2031 a 2036
Nº de empregos diretos e indiretos (186,6%)	Empregos: ❑ 4% a.a. de 2021 a 2026 ❑ 10% a.a. de 2027 a 2030 ❑ 8% a.a. de 2031 a 2036

Valores Projetados para 2036







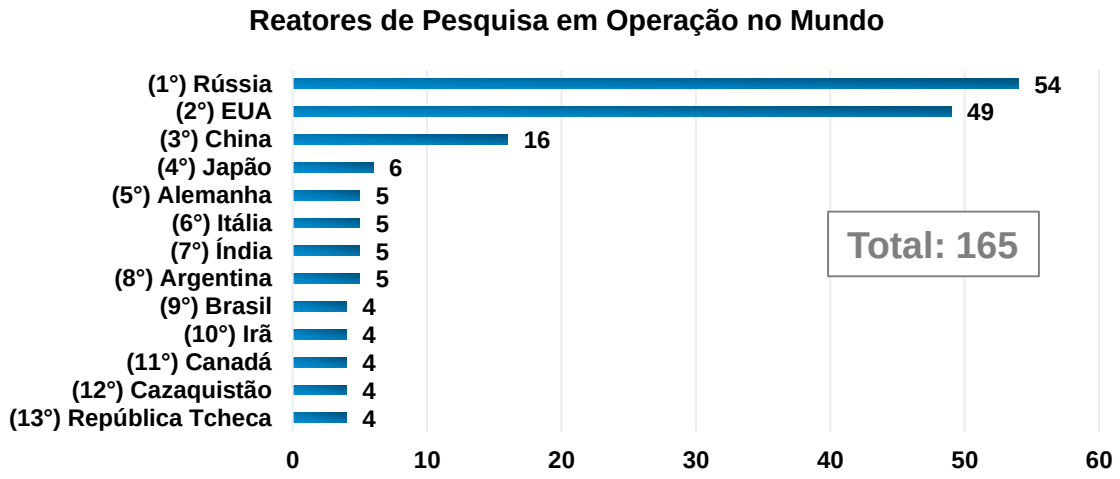


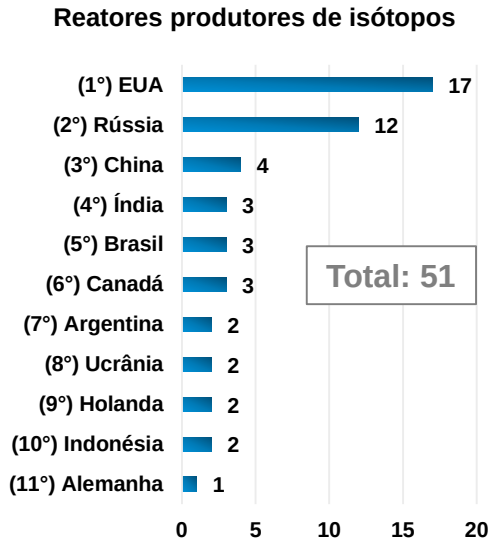
1 Fontes: Leme, Beatriz. ABDAN. Plano Estratégico para o Desenvolvimento e Fortalecimento da Medicina Nuclear no Brasil: Perspectiva para os próximos 5 anos. Setembro, 2021. Atualizado pela FGV para (out/23)
2. IBGE – projeção do crescimento populacional

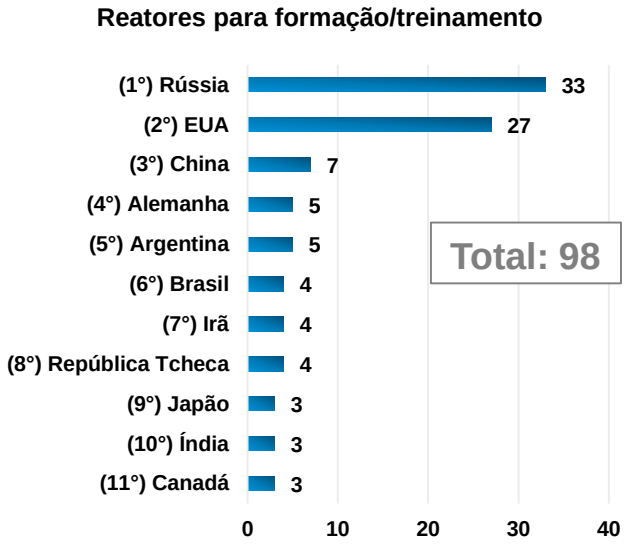
35 anos ABDAN Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

O RMB apoiará diretamente a área de Medicina Nuclear e de pesquisa

FGV ENERGIA







Link: https://nucleus.iaea.org/rrdb/#/home

Aplicações do RMB

- Produção de radioisótopos
- Teste de materiais e combustíveis nucleares
- Produção de traçadores para agricultura e meio ambiente
- Treinamento de pessoal para reatores de potência
- Pesquisa científica
- Irradiação de materiais

35 anos ABDAN Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

O RMB representa avanços na área da saúde, na pesquisa científica e redução da dependência de importações

- 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 ficou claro que o país ainda depende fortemente de fontes externas para abastecer seus hospitais e clínicas com insumos básicos para os tratamentos mais modernos.

RMB em números

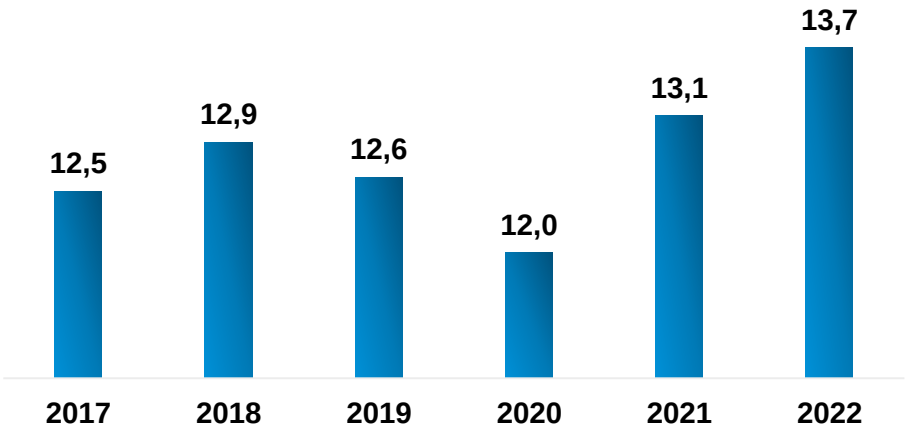
- Investimento de US$ 500 milhões;
- Produção de radioisótopos para mais de 30 diferentes tipos de radiofármacos;
- Garantia de estabilidade no fornecimento de radioisótopos;
- Economia de cerca de mais de US$ 13 milhões/ano com custos de importação; e
- Contribui para ampliação do número de clínicas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

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

IMPORTÂNCIA DO RMB PARA O BRASIL

Representará a autonomia na produção de tecnécio-99, que é responsável por cerca de 80% dos procedimentos da Medicina Nuclear.

Valor FOB importação de Molibdênio-99 (US$ milhões)



Fonte: COMEX STAT
Obs: O Tecnécio é obtido a partir do Molibdênio.

4 Outros Usos

A abrangência da atividade nuclear ultrapassa a geração elétrica, sendo aplicada em outras áreas

FGV ENERGIA

1) Agricultura

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

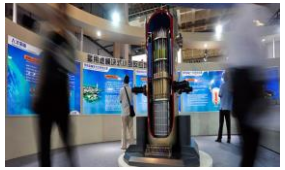
4) Recursos hídricos

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.

6) Reator Modular



Segurança energética com zero emissão de carbono.

Aplicação da Energia Nuclear: Indústria e Bens de Capital

FGV ENERGIA

INDÚSTRIA E BENS DE CAPITAL

Sistemas de monitoramento de vazamentos em gases, líquidos e sólidos por meio de radiação (raios gama).

Radiografia Industrial

No Brasil US$ 24 milhões/ano e no mundo US$ 1,2 bilhões/ano (2019)

- Aplicação na indústria petrolífera (na construção de gasodutos e oleodutos), indústria aeroespacial, naval e automobilística outras.

Perfilagem de Poços

Mercado global avaliado em US$ 16 bilhões/anuais (2019)

- Fontes radioativas instaladas em ferramentas inseridas em poços de exploração de petróleo.
- 10 bases de perfilagem de poços autorizadas, sendo 60% na Região SE, 30% na Região NE e 10% no S.

Irradiação Industrial

Mercado movimenta R$ 350 milhões/ano no Brasil.

No mundo fatura entre US$ 3 e 3,5 bilhões/ano (2019)

- Utilizadas para esterilização de material cirúrgico e eliminação de microrganismos.
- Existem, atualmente, 21 instalações autorizadas de irradiação industrial, distribuídas em 7 UF do País. A Região SE concentra 71% dessas instalações, seguida pela Região S (14%) e NE (9%).

Fonte: CNEN; Instalações Radiativas – Áreas e Práticas

35 anos ABDAN Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

Aplicação da Energia Nuclear: Agricultura

FGV ENERGIA

AGRICULTURA

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

Solo

- Traçadores radioativos (*radiotracers*) detectam a movimentação do solo e, com isso, possíveis erosões e desgaste.
- Também conseguem identificar os nutrientes que estão sendo fornecidos naquele solo, de forma a otimizar a agricultura e conseguem detectar pragas no início, minimizando o uso de agrotóxicos para combatê-las.

Alimentos

- Com a irradiação é possível deixar o alimento mais resistente a pragas ou mais frutífera.
- Além disso, reduz as perdas naturais e aumenta a durabilidade.

Meteorologia

- Medição da variação sazonal da concentração de 7Be (*radiotracer*) para determinar a posição das zonas de convergência e seus movimentos, associando-os às características climáticas (temperatura, estações chuvosas ou secas, presença e intensidade do fenômeno El Niño etc)..

Controle de Praga

- É possível produzir insetos estéreis, possibilitando a diminuição da sua população.

Maior validade dos alimentos

Imagem: CNEN; Aplicações da Energia Nuclear

35 anos ABDAN Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

Aplicação da Energia Nuclear: Indústria

FGV ENERGIA

INDÚSTRIA

Medidores Nucleares

- Ferramentas de controle de produção industrial, como o envase de bebidas, no controle de qualidade de pavimentação e no controle do fluxo de efluentes líquidos nas barragens em minas.
- Existem 471 instalações autorizadas para o uso de medidores nucleares, distribuídas em 24 UF do país. A Região SE concentra 54% dessas instalações, seguida pela Região S (19%) e NE (16%).

Técnicas Analíticas

- São técnicas que utilizam a espectrometria de raios X, a fluorescência ou a difração da radiação em interação com um material, para determinar a sua composição.
- Essa técnica é utilizada para controle de qualidade de ingredientes e produtos na indústria de bebidas, cimento, petróleo, mineração, no saneamento, na verificação da presença de explosivos em aeroportos e correios e nas indústrias em geral, com equipamentos analisadores de ligas metálicas.
- 64 instalações autorizadas de técnicas analíticas, distribuídas em 15 UF do país. A Região SE concentra 64% dessas instalações, seguida pela Região NE (16%) e S (11%).

Traçadores Radioativos

- Materiais radioativos de vida-média curta são injetados em tubulações industriais para avaliação de fluxos.
- Essa técnica é utilizada nas indústrias petrolífera, química e de saneamento público, e realizada por empresas prestadoras de serviços.
- Existem, atualmente, 2 instalações autorizadas de traçadores radioativos, localizadas em 2 UF do país.

Fonte: CNEN; Instalações Radiativas – Áreas e Práticas

35 anos ABDAN Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

5 Oportunidades na Produção e Exportação de Urânio

Cenário atual estimula a busca por garantia de suprimento de urânio, bem como a formação de parcerias de longo prazo

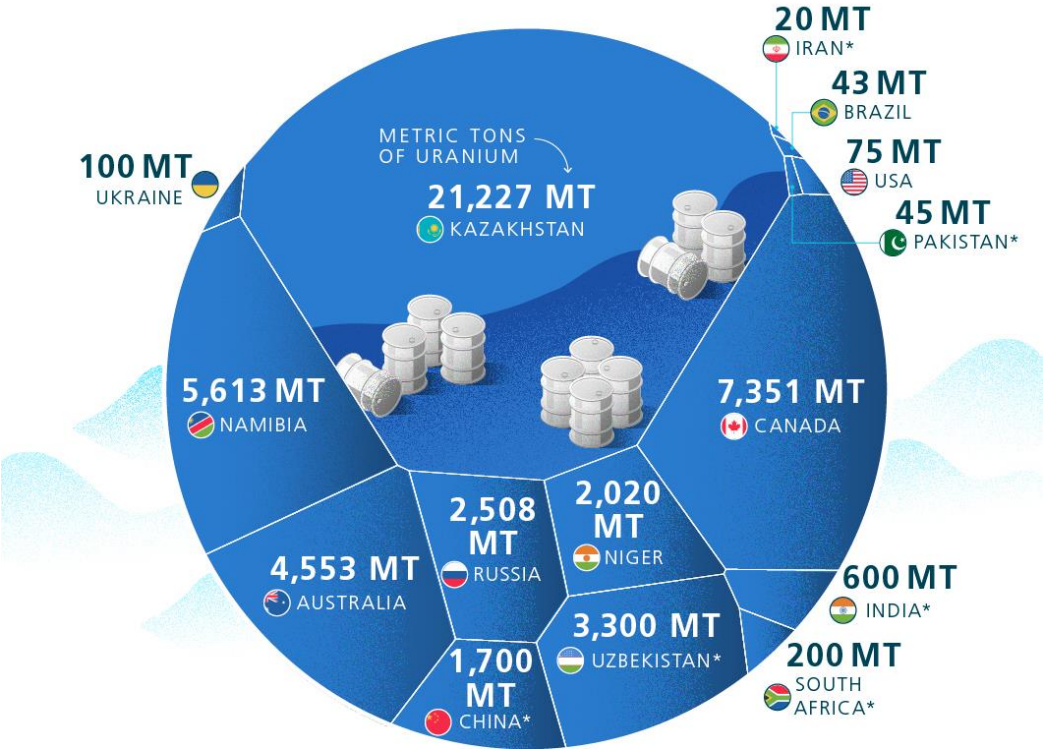
- US, Canadá, França, Japão e Reino Unido (um grupo de conhecido como Sapporo 5) anunciaram, na COP28 (em dez/23), planos de investir US$ 4,2 bilhões (€3,9 bilhões), nos próximos 3 anos, para desenvolver uma cadeia de suprimentos global de energia nuclear segura e confiável.
- Os investimentos públicos e privados aumentarão a capacidade de enriquecimento e conversão de urânio, independente de suprimentos da Rússia (que detém aprox. 50% do mercado). [1]

Questões Geopolíticas que podem ameaçar o suprimento de Urânio

Sanções ao urânio e serviços da Rússia	**Quebra do suprimento do Cazaquistão em função de um possível impedimento da passagem para escoamento pela Rússia**	**Determinação do Governo do Niger em reduzir as exportações de urânio**

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

Produção de Urânio no Mundo

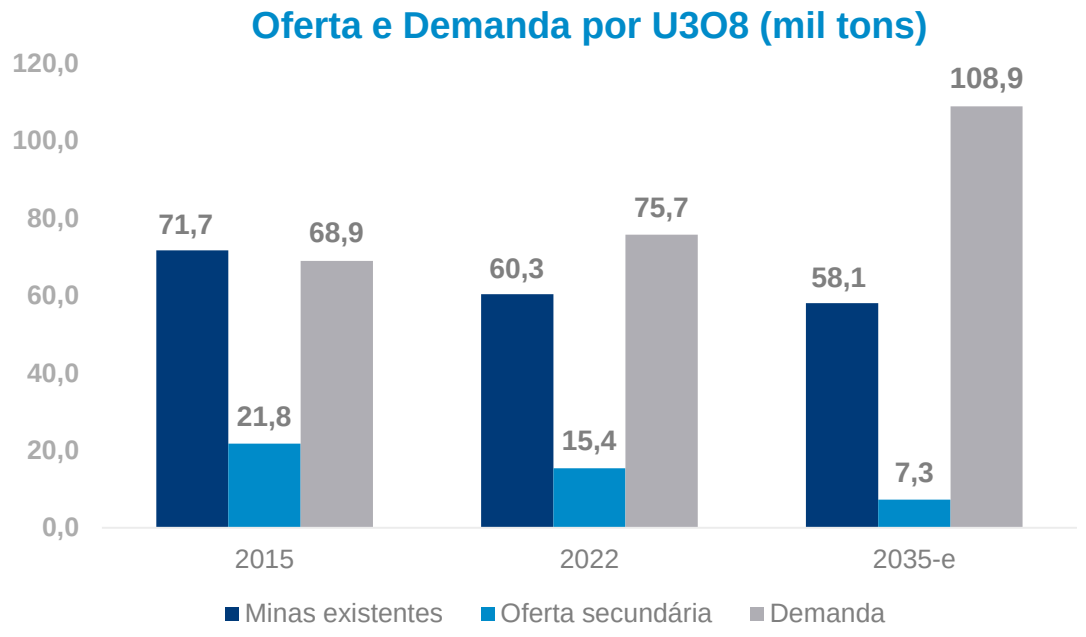


Fonte: Visual Capitalist, The Global Uranium Market in 3 Charts, 8/12/2023, a partir de dados originais no World Nuclear Association, ago 2023. Link: https://www.visualcapitalist.com/sp/the-global-uranium-market-in-3-charts/. Acesso em: 11/12/2023.

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.

A demanda mundial esperada de urânio superará a produção em pouco tempo, de forma expressiva

- São 436 reatores nucleares no mundo e 173 em planejamento ou em construção.
- 22 países assumiram compromisso na COP28 para triplicar a capacidade de energia nuclear até 2050, acentuando a demanda por matéria-prima, em especial, por urânio.
- EUA e China respondem por 58% da demanda mundial de urânio.



Fonte: IAEA PRIS
https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx

Fonte Orano :2022 annual results Credit Update (2023)

Diante das oportunidades, está em discussão no Congresso a possibilidade de o Brasil exportar o mineral (U3O8)

FGV ENERGIA

Proposta da Frente Parlamentar Mista de Tecnologia e Atividades Nucleares
Presidente: Deputado Federal Julio Lopes

- Captação de recursos financeiros, por meio de uma operação de **securitização de recebíveis**, com a garantia real de entrega de urânio (U3O8);
- Para o país, a antecipação de caixa visa principalmente:
  - Arrecadar recursos para investir na ampliação da capacidade da mina de Caetité, no início das operações da mina de Santa Quitéria;
  - Assegurar o preço da commodity;
  - Tornar o Brasil autossuficiente e exportador de urânio.

ACORDO DE COOPERAÇÃO ENTRE BRASIL E FRANÇA (2002)

Finalidade:

- Cooperação no domínio da utilização da energia nuclear para fins exclusivamente pacíficos e não explosivos.

Domínios buscados com o acordo:

- pesquisa fundamental e aplicação que não requeira, no que respeita aos reatores;
- desenvolvimento das aplicações da energia nuclear nos campos da agronomia, da biologia, das ciências da terra, da medicina e da indústria;
- aplicação da energia nuclear para a produção de energia elétrica;
- gestão do combustível e dos rejeitos nucleares;
- segurança nuclear, proteção radiológica e proteção do meio ambiente;
- prevenção e reação às situações de urgência relacionadas a acidentes radioativos ou nuclear.

Da seguinte forma:

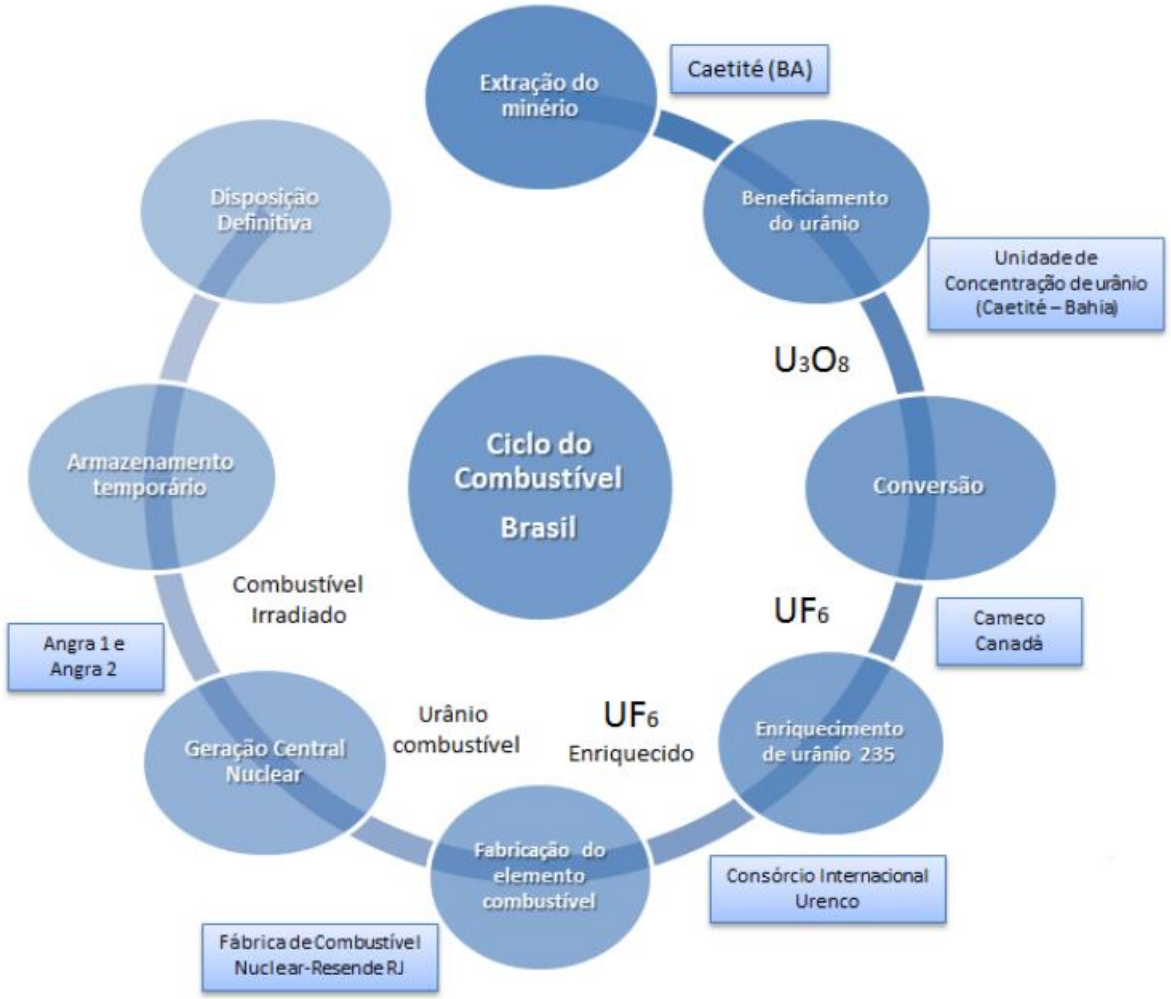
- intercâmbio e formação de pessoal científico e técnico;
- intercâmbio de informações científicas e técnicas;
- organização de conferências e colóquios;
- fornecimento de materiais nucleares, equipamentos, tecnologia e prestação de serviços.

Fonte: Acordo de Cooperação entre os Governos da França e do Brasil para o Desenvolvimento das Utilizações Pacíficas da Energia Nuclear, data de assinatura: 25/10/2002.

O Brasil não é autossuficiente na produção do urânio, bem como o ciclo do combustível nuclear é dependente de etapas externas

FGV ENERGIA

Ciclo Aberto do Combustível Nuclear no Brasil



- A mineração e o beneficiamento (U3U8) acontecem ainda dentro do terreno da mina. Depois de minerado, o urânio é beneficiado para ser então produzido o yellowcake;
- O período total para uma mina operar, a partir do *green field*, cumprindo todas as etapas de licenciamento, segundo a EPE e a INB, é de 5 – 10 anos;
- É preciso que a usina de beneficiamento fique em área contígua à mineração;
- As etapas seguintes são feitas fora do país;
- O urânio retorna ao Brasil, sendo enviado a Resende - RJ, unidade licenciada para enriquecer urânio a menos de 5% de U-235, onde será então fabricado o elemento combustível que suprirá as Usinas de Angra I e Angra II.

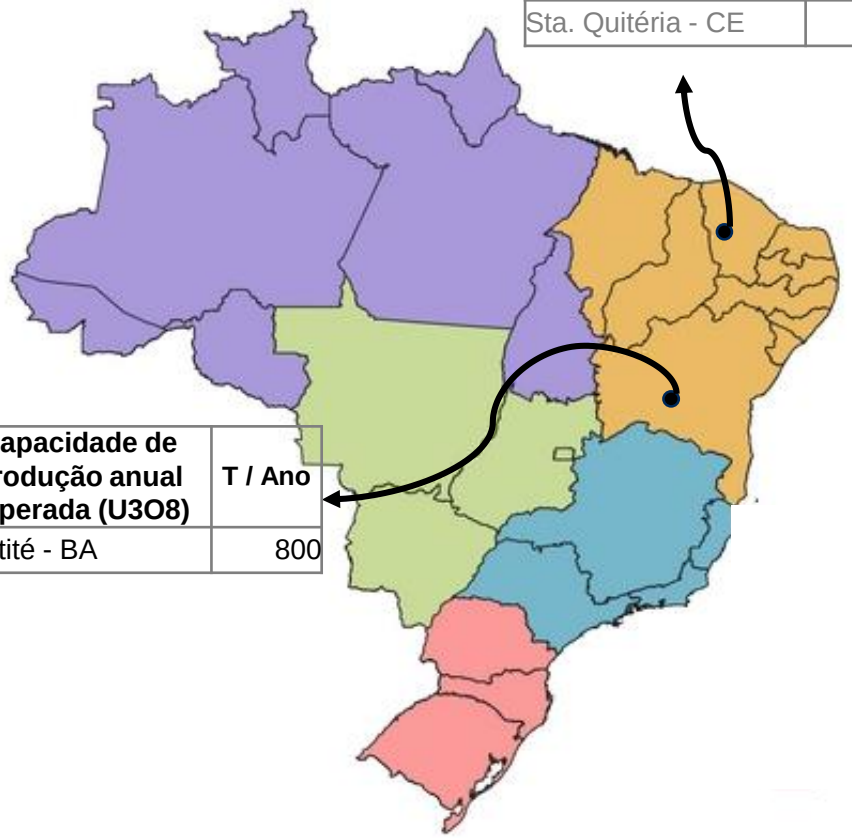
Fontes: EPE. Potencial dos Recursos Energéticos no Horizonte 2050. Série Recursos Energéticos. Nota Técnica PR 04/18. Rio de Janeiro, p.43, setembro 2018.
Link: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-416/03.%20Potencial%20de%20Recursos%20Energ%C3%A9ticos%20no%20Horizonte%202050%20(NT%20PR%2004-18).pdf

35 anos ABDAN Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

O País possui reservas mapeadas que, quando exploradas, possibilitarão a autossuficiência e a exportação

- O Brasil tem apenas 30% do seu território prospectado e possui 5% das reservas mundiais de urânio, estimadas em 276.800 t do minério. É a 8ª maior reserva global do minério.
- A reserva de Caetité - BA, 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.
- A reserva de Santa Quitéria - CE possui uma capacidade de produção estimada, quando em operação de 1.600 t/ano a partir de 2024.

Capacidade de produção anual esperada (U3O8)	T / Ano
Sta. Quitéria - CE	1.600



Capacidade de produção anual esperada (U3O8)	T / Ano
Caetité - BA	800

Produção	Em Kg UTS/ano
Usina Enriquecimento - Capacidade Instalada	70
Projeção de produção de uranio enriquecido (2037)	500
Capacidade de produção anual esperada (U3O8)	**T / Ano**
Caetité	800
Santa Quitéria (2024)	1.600
Total	**2.400**
	Tons
Total das nossas reservas de U	276.800

RESUMO (U3O8)	Ton (2022)
Produção anual Brasil	51
Consumo anual Brasil[1]	466
Déficit atual	**415**

1. Consumo (t/ano): Angra 1 - 175,8 ; Angra 2 - 290,1; e Angra 3 - 273,0.

Fontes: INB

Estudo da Operação de Securitização de Recebíveis de Urânio (U3O8)

FGV ENERGIA

EMISSÃO DE RECEBÍVEIS OU DEBÊNTURES DE INFRAESTRUTURA

Estudo

- Taxa de desconto do setor de Metalurgia e Mineração: 10,43%[1];
- Prazo: 10 anos.
- Cenários:
  - Cenário 1 - pressupõe a reserva total estimada;
  - Cenário 2 - pressupõe a capacidade de mineração anual;
  - Cenário 3 - pressupõe a capacidade de beneficiamento (U3O8) a ser expandida de Caetité;
  - Cenário 4 - pressupõe a capacidade atual de beneficiamento (U3O8).

Principais riscos envolvidos

- Atraso do início da exploração;
- A legislação atual não oferece segurança jurídica para a exportação;
- Risco regulatório (ambiental e nuclear);
- Risco da tecnologia de separação urânio/fosfato não funcionar.

Cenários	Produção anual (tU) (U3O8)	Potencial Estimado de Urânio (tU) (U3O8)	Receita Bruta (US$ BI)	Juros Anuais (US$ BI)	O Preço da securitização Total (US$ BI)
Cenário 1 - Exploração de Toda a Reserva Nacional					
Serviço Geológico do Brasil (SGB)	29.539	295.389	48,74	5,08	30,67
Empresa de Pesquisa Energética (SPE)	30.937	309.370	51,05	5,32	32,12
Cenário 2 - Exploração com Base na Capacidade Instalada					
Capacidade Instalada (INB)	1.200	12.000	1,98	-	1,19
Cenário 3 - Exploração com Base na Capacidade Beneficiamento					
Capacidade de Beneficiamento (INB)	400	4.000	0,66	-	0,40
Cenário 3 - Exploração com Base na Capacidade Beneficiamento Atual					
Capacidade de Beneficiamento Atual (INB)	70	700	0,12	-	0,07

1 Link: https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/wacc.html

Restrições e pontos de atenção em relação à operação

- 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 *green field*, as fases de licença e a construção da usina de beneficiamento U3O8, até o início da extração;
- O Brasil tem atualmente um déficit e precisa importar o urânio enriquecido para suprir a demanda de Angra I e II. As operações de Angra III aumentarão esse déficit;
- Embora a produção possa suprir toda a demanda nacional, algumas etapas de enriquecimento são feitas no exterior, para então o urânio retornar ao país na forma do elemento UF6 enriquecido;
- A CNEN determina periodicamente as quantidades da reserva estratégica em termos de U3O8 (Yellowcake) e UF6 natural.

Imagem: INB. Mina de Caetité

FGV ENERGIA