



Observatório de Energia Nuclear

Nº 2

4º TRIMESTRE
2022



GESEL

Grupo de Estudos do Setor Elétrico

UFRJ

Observatório de Energia Nuclear N°2

Editor

Prof. Nivalde de Castro

Subeditores

Bianca Castro

Fabiano Lacombe

Pesquisadores

João Pedro Gomes

Cristina Rosa

Isadora Correa

Pedro Ludovico

Março de 2023

Sumário

Introdução	5
1. Políticas Públicas e Planos de Governo.....	6
2. Dinâmica Internacional.....	20
3. Inovação Tecnológica.....	25
4. Empresas.....	39
5. Estudos em destaque.....	46
6. Considerações Finais.....	50
7. Referências Bibliográficas.....	51

Introdução

Os compromissos com as metas de descarbonização são cada vez mais importantes e necessários por duas motivações. A primeira e mais evidente é que os avanços das fontes renováveis na matriz contribuem para a redução das emissões de GEE. A segunda, mais estratégica, garante como uma prioridade máxima das políticas energéticas, qual seja, a segurança energética, uma vez que mais fontes renováveis diminuem a dependência de recursos não renováveis importados.

Todavia, o aumento das fontes renováveis na matriz elétrica por exemplo, trazem outras demandas, como: a necessidade de fontes de energia firmes, ou seja, aquelas cuja decisão de produção esteja sob controle humano, mas que, ao mesmo tempo, não sejam emissoras de GEE. Foi assim que a energia nuclear passou novamente a entrar em pauta, atendendo a esses dois pré-requisitos: fonte de energia confiável e não emissora.

Mais recentemente, a Guerra da Ucrânia deflagrou uma crise energética que desestabilizou os mercados de gás, petróleo e carvão, devido às sanções econômicas impostas à Rússia, com forte elevação e instabilidade dos preços destas commodities. Na linha de frente deste novo e complexo contexto, a Europa se viu obrigada a priorizar a segurança energética, em especial a partir da decisão russa de suspender as exportações de gás natural, forçando, por exemplo, a reativação de usinas nucleares e centrais a carvão.

Neste sentido, o Observatório de Energia Nuclear é feito com base no [Informativo Eletrônico de Energia Nuclear](#) e visa contribuir com a sistematização e a divulgação do conhecimento, identificando o papel da energia nuclear para o mundo de hoje, as estratégias e iniciativas para a sua aplicação que estão sendo adotadas nos setores elétricos nacional e internacional, o papel das empresas nesse processo, a dinâmica internacional que envolve a energia nuclear, como tem se dado o progresso tecnológico e por fim, apresentar os principais estudos que discutem essa tecnologia.

Políticas Públicas e Planos de Governo

A energia nuclear é um componente vital para a transição energética em direção a uma matriz elétrica de baixo-carbono. Neste sentido, diversos países estão adotando a energia nuclear como fonte sustentável e resiliente. Com isso, o potencial da energia nuclear tem se tornado cada vez mais evidente diante das metas climáticas. A transição para a energia nuclear necessita, contudo, do auxílio de políticas abrangentes que enfrentem questões de segurança e suprimento energético e sejam, ao mesmo tempo, cientes do risco de proliferação de armas nucleares.

Esta seção procura examinar os últimos acontecimentos relacionados à energia nuclear no âmbito de políticas governamentais. Procura-se analisar como essas políticas refletem no crescente reconhecimento da energia nuclear como fonte auxiliar no processo para atingir as metas climáticas e na redução de emissão de gases de efeito estufa. Simultaneamente, busca-se explorar os esforços realizados por diferentes países para assegurar a operação segura das instalações nucleares.

A cooperação energética mundial aparece, muitas vezes, como catalisador no processo de transição energética e os últimos acontecimentos na Guerra da Ucrânia demonstram essa necessidade. Sendo assim, esta seção destaca as mudanças de políticas sobre este tema realizadas no último trimestre de 2022. Ao analisar as políticas públicas relacionadas ao desenvolvimento nuclear, pretende-se promover *insights* sobre o processo de transição energética em andamento e o papel da energia nuclear no esforço global de atender as metas climáticas.

Políticas Públicas e Planos de Governo

As principais medidas relativas à energia nuclear tomadas no último trimestre de 2022 estão detalhadas no Quadro 1, abaixo.

Quadro 1: Principais iniciativas ligadas à energia nuclear no 4º trimestre de 2022

País	Descrição
Brasil	<p>Discussão sobre o reator multipropósito brasileiro e seu uso na área de radioisótopos;</p> <p>ABDAN expande cooperação com a IAEA para tecnologias de irradiação de alimentos;</p> <p>Proposta de transformar a NUCLEP em empresa de economia mista para projetos nucleares;</p> <p>Projeto de Lei para abertura de crédito para INB, BNB e ENBPar;</p> <p>Riscos ambientais são enfrentados em projeto de jazida nuclear no Santa Quitéria (CE); e</p> <p>Finalização da primeira fase da usina de enriquecimento de urânio em Resende (RJ).</p>

Políticas Públicas e Planos de Governo

Quadro 1 (continuação): Principais iniciativas ligadas à energia nuclear no 4º trimestre de 2022

País	Descrição
Argentina	<p>Acordo com a China para financiamento de nova usina nuclear encontra empecilhos frente às exigências de fabricação de combustível nuclear por engenheiros argentinos; e</p> <p>Cooperação entre Argentina e IAEA para o programa nuclear argentino.</p>
Estados Unidos	<p>Cooperação com Japão, Canadá e México com a finalidade de aprimorar o trabalho conjunto para implantar SMRs em países parceiros visando a segurança energética;</p> <p>Financiamento para infraestrutura laboratorial para P&D em energia nuclear; e</p> <p>Aceitação da metodologia NuScale para determinar o tamanho de ZPEs em torno de usinas de SMRs.</p>
Canadá	<p>Lançamento da Estratégia Canadense de Minerais Críticos posiciona o país como fornecedor global para minerais críticos para tecnologias limpas, como a geração nuclear.</p>

Políticas Públicas e Planos de Governo

Quadro 1 (continuação): Principais iniciativas ligadas à energia nuclear no 4º trimestre de 2022

País	Descrição
Reino Unido	Assinatura de memorando de entendimento para novo projeto nuclear no norte do País de Gales; e Financiamento para pesquisa de novo modelo de AMR.
França	Consulta pública para aumento de capacidade de usina de urânio; e Reativação de mais 10 reatores nucleares desativados.
Alemanha	Extensão da vida útil das três usinas nucleares restantes no país até abril.
Bélgica	Desativação de unidade da usina nuclear de Doel como parte do plano de eliminação gradual da energia nuclear.
Suécia	Acordo suprapartidário para reativação nuclear no país.
Armênia	Acordo com a IAEA para extensão da vida útil de sua usina nuclear e construção de novos reatores.

Políticas Públicas e Planos de Governo

Quadro 1 (continuação): Principais iniciativas ligadas à energia nuclear no 4º trimestre de 2022

País	Descrição
Polônia	Verificação planejada das análises de segurança para usinas nucleares em potencial.
Índia	Estratégia de desenvolvimento de baixa emissão, incluindo o aumento em três vezes da capacidade nuclear até 2032.
Emirados Árabes Unidos	Nova unidade de usina nuclear fornece eletricidade para o país.
Irã	País passa a enriquecer urânio a 60% de pureza e planeja expansão de capacidade de enriquecimento.
Gana	Discussão para implantação de SMR norte-americano no país.
Austrália	Projeto de Lei em defesa da energia nuclear, ressaltando a sua contribuição para segurança energética e operação em baixo carbono.

Fonte: Elaboração própria, a partir de IFE Energia Nuclear - Gesel (2022)

Políticas Públicas e Planos de Governo

Brasil

Dentre os desenvolvimentos da energia nuclear no Brasil durante o último trimestre de 2022, destaca-se a [reunião](#) virtual entre o Ministro de Ciência, Tecnologia e Inovação e representantes da Sociedade Brasileira de Física e da Sociedade Brasileira de Biofísica Nuclear. Os focos foram o Reator Multipropósito Brasileiro (RMB), um reator de pesquisa nacional, e um laboratório destinado a utilizar a tecnologia nuclear em várias aplicações, incluindo radioisótopos usados em medicina, materiais, alimentos e energia.

Além disso, a Associação Brasileira para o Desenvolvimento de Atividades Nucleares (ABDAN) está [expandindo](#) a sua cooperação com a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA, na sigla em inglês), por meio de um acordo de parceria que se concentra na troca de experiências sobre tecnologias de irradiação de alimentos. Esse acordo estende uma parceria já existente entre as duas instituições até 2026.

Estão em andamento [esforços](#) legislativos para transformar a Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. (Nuclep), uma empresa estatal, em uma sociedade de economia mista. A Nuclep desempenha um papel fundamental no desenvolvimento, na fabricação e na comercialização de equipamentos para o setor nuclear, incluindo as usinas nucleares de Angra e o projeto da Marinha para a construção de um submarino nuclear. A transformação proposta pretende atrair investimentos privados, além de expandir atividades e projetos estratégicos, contribuindo, assim, para o desenvolvimento produtivo e tecnológico nacional.

Políticas Públicas e Planos de Governo

O Congresso também está avaliando dois projetos de lei destinados a fornecer suporte financeiro às empresas nucleares. O primeiro, o [PL nº 36/2022](#), é um crédito especial de R\$ 26,5 milhões para as Indústrias Nucleares do Brasil (INB), que garantirá o desempenho operacional e os investimentos da empresa, incluindo a segunda fase da implementação de uma unidade de enriquecimento de urânio para Angra 1, 2 e 3. O segundo, o [PL nº 34/2022](#), fornece um crédito especial de R\$ 6,3 milhões ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB) e à Empresa de Participação em Energia Nuclear e Binacional Brasileira (ENBPar), o qual será utilizado para executar os planos de negócios de ambos. Um consórcio foi formado para explorar o depósito de Itataia, em Santa Quitéria, no Ceará, composto pela INB e pela Galvani Fertilizantes. Estima-se que a exploração do depósito possa criar 2,8 mil empregos diretos e indiretos e gerar uma folha de pagamento anual de R\$ 100 milhões. O consórcio tem expectativas investir R\$ 2,3 bilhões, no entanto existem [etapas](#) a serem realizadas antes que o projeto possa ser concretizado, com o cronograma prevendo o início das obras ainda este ano.

América Latina

O desenvolvimento da energia nuclear na América Latina no último trimestre de 2022 foi marcado por desdobramentos do programa nuclear na Argentina. A construção e o financiamento pela China de uma usina nuclear em Buenos Aires, no valor total de US\$ 8 bilhões, têm sofrido atrasos em razão da exigência da Argentina em autorizar seus engenheiros a fabricar combustível para o reator no país.

Políticas Públicas e Planos de Governo

Se a Argentina se tornar a primeira nação autorizada a produzir combustível para o reator Hualong One da China, isso representaria um avanço significativo para o programa nuclear argentino. Além disso, a China está disposta a licenciar tecnologia para parceiros comerciais, seguindo os passos de fabricantes nucleares norte-americanos. Segundo a Comissão Nacional de Energia Atômica da Argentina, o país vem se esforçando para fabricar combustível localmente.

Durante a sua primeira visita oficial à Argentina, Rafael Grossi, Diretor-Geral da IAEA, [expressou](#) o contínuo apoio da Agência às aplicações nucleares no país e ao desenvolvimento regional por meio do uso pacífico da ciência e tecnologia nuclear. Grossi se reuniu com o Presidente argentino Alberto Fernández e Santiago Cafiero, Ministro das Relações Exteriores, Comércio Internacional e Cultura, em 18 de outubro de 2022. Na ocasião, o Diretor-Geral expressou gratidão pelo apoio da Argentina aos esforços da IAEA em estabelecer uma zona de segurança e proteção nuclear ao redor da usina de Zaporizhzhya, na Ucrânia. Por sua vez, as discussões com Flavia Royon, Secretária de Energia, focaram na importância do programa de energia nuclear da Argentina e seu papel na matriz energética do país. Atualmente, a Argentina tem três usinas nucleares em operação.

América do Norte

No último trimestre de 2022, diversos desenvolvimentos relacionados à energia nuclear foram firmados na América do Norte. O papel dos EUA como

Políticas Públicas e Planos de Governo

difusor da tecnologia nuclear foi reafirmado com o [anúncio](#) da Subsecretária de Estado para Controle de Armamentos e Segurança Internacional dos EUA e do Ministro da Economia, Comércio e Indústria do Japão de cooperação profunda de ambos os países para implantação de Pequenos Reatores Modulares (SMRs) e outras tecnologias nucleares avançadas em países parceiros, onde Gana será o primeiro país a receber apoio. A colaboração oferece assistência técnica e regulatória para os países a fim de auxiliar a adoção de tecnologias nucleares inovadoras que aumentem o seu acesso à energia limpa e confiável em busca de atingir as metas climáticas.

No Canadá e nos Estados Unidos, um [acordo](#) de afretamento em tecnologias nucleares avançadas, como os SMRs, foi estabelecido para formalizar a colaboração entre a Comissão de Segurança Nuclear do Canadá (CNSC) e a Comissão de Regulação Nuclear dos Estados Unidos (NRC) e seu trabalho conjunto no projeto de reator BWRX-300. Esse acordo segue os planos da Tennessee Valley Authority (TVA) e da Ontario Power Generation (OPG) para trabalhar no desenvolvimento e na implantação de SMRs nos Estados Unidos e no Canadá. A colaboração visa o aprimoramento da cooperação firmada no memorando de entendimento estabelecido entre as partes em 2019, trabalhando em questões regulatórias e de segurança na revisão de licenciamento do BWRX-300.

O Departamento de Estado dos EUA anunciou que um acordo bilateral sobre energia nuclear foi [firmado](#) com o México, impulsionando a cooperação entre os países na segurança energética. O acordo se destaca como sendo o primeiro relacionado à cooperação pacífica em energia nuclear entre os dois países, abrindo espaço para questões sensíveis, como a transferência pacífica de material nuclear, equipamentos e informações.

Políticas Públicas e Planos de Governo

O governo dos Estados Unidos, no sentido de fortalecer a pesquisa e o desenvolvimento ligados à energia nuclear, [providenciou](#) US\$ 150 milhões em financiamento fornecido pela Lei de Redução de Inflação para aprimorar a infraestrutura do Laboratório Nacional Idaho. O financiamento abarca cerca de uma dúzia de projetos no Reator de Teste Avançado (ATR) e no Complexo de Combustíveis de Materiais, ambos em operação há mais de 50 anos e cruciais no avanço de tecnologias nucleares para agências federais, indústrias e parcerias internacionais. Além disso, a Comissão de Regulação Nuclear dos EUA [autorizou](#) a utilização da metodologia NuScale para determinar o tamanho apropriado da Zona de Planejamento Emergencial (EPZ, na sigla em inglês) ao redor de localidades com SMRs. Essa metodologia pode, portanto, ser utilizada para determinar a EPZ de SMRs, providenciando o mesmo nível de proteção que o raio de 10 milhas estabelecido ao redor das usinas nucleares tradicionais já existentes nos EUA.

Por último, o Canadá [lancou](#) uma estratégia para mapear as suas oportunidades geracionais na exploração, extração, processamento, fabricação de produtos e reciclagem de minerais críticos, como o urânio, importante para a transição energética global. Neste sentido, a Estratégia Canadense de Minerais Críticos, lançada em 9 de dezembro de 2022, visa posicionar o país como fornecedor global de minerais críticos e tecnologias limpas necessárias para a transição energética.

Europa

No último trimestre de 2022, a Europa foi palco de importantes desenvolvimentos internacionais no âmbito da energia nuclear. No Reino Uni-

Políticas Públicas e Planos de Governo

do, a Autoridade de Descomissionamento Nuclear (NDA) [assinou](#) um memorando de entendimento com a Cwmni Eginno para dar suporte ao desenvolvimento de um projeto nuclear em pequena escala no norte do País de Gales. Isso permitirá o alinhamento dos planos de descomissionamento de usinas existentes com o novo projeto nuclear e a prestação de suporte à Cwmni Eginno para o engajamento das partes no planejamento socioeconômico. Além disso, o governo do Reino Unido [forneceu](#) US\$ 74 milhões para pesquisa em reatores refrigerados a gás de alta temperatura (HTGR), um tipo de reator modular avançado (AMR), com objetivo de implementar um novo projeto de demonstração até o final da década.

Enquanto isso, na França, a Comissão Nacional de Debate Público (CNDP) [reabriu](#) uma consulta pública sobre a usina de enriquecimento de urânio Georges Besse II para considerar o aumento de sua capacidade de 7,5 para 11 milhões de SWU por ano. A CNDP citou o desejo de aumentar as capacidades de enriquecimento de urânio em razão das sanções relacionadas à invasão da Ucrânia. Tais sanções poderiam levar a uma escassez de combustíveis nucleares, alterando o cenário presente no debate anterior, ocorrido em 2017.

Na Alemanha, as últimas três usinas nucleares continuarão a operar até abril de 2023, conforme [votado](#) no Parlamento, estendendo a eliminação gradual da energia nuclear no país. O chanceler Olaf Scholz solicitou a extensão diante da iminente escassez de energia causada pelas sanções decorrentes da Guerra da Ucrânia, desencadeando um intenso debate dentro da coalizão do governo alemão.

Políticas Públicas e Planos de Governo

A Suécia [firmou](#) acordos para reativar a utilização de energia nuclear no país, com planos para construir novos reatores. O atual governo era tradicionalmente contrário à energia nuclear, mas admitiu que esta fonte é crucial para o futuro do país, já que os seis reatores restantes, dos doze iniciais, fornecem cerca de 30% da energia elétrica consumida na Suécia.

Por fim, a IAEA reafirmou seu apoio à Armênia no fortalecimento de seu setor nuclear. Rafael Grossi, Diretor-Geral da Agência, [visitou](#) o país e se encontrou com o Presidente, o Primeiro Ministro e o Ministro de Relações Exteriores. A discussão sobre a importância de garantir a segurança e o suprimento nuclear do país inclui planos para extensão da usina de Metsamor e considerações sobre a construção de uma nova usina tradicional ou SMR.

Ásia

A Índia [apresentou](#) a sua estratégia para o seu desenvolvimento de longo prazo e sob baixa emissão de gases de efeito estufa (LT-LEDS) na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). A estratégia inclui o aumento em três vezes da sua capacidade de geração nuclear até 2032 e a exploração de seu potencial de implementação de SMRs. Essa estratégia reflete o plano de ação indiano para atingir as suas metas climáticas de forma acessível e custo-efetiva.

Nos Emirados Árabes Unidos, a terceira unidade da usina nuclear de Barakah, desenhada pela Coreia do Sul, [começou](#) o seu fornecimento energético ao sistema elétrico do país. O reator APR-1400 iniciou em níveis críticos de geração em setembro de 2022 e está sob aumento gradual desde então. A

Políticas Públicas e Planos de Governo

perspectiva é que a operação comercial do reator aconteça nos próximos meses. Além disso, a implementação marca um avanço importante da usina, tendo em vista que a conexão de Barakah 3 ao sistema ocorreu em menos de um ano após a segunda unidade.

Enquanto isso, no Irã, a IAEA [confirmou](#) que o país iniciou o enriquecimento de urânio a 60% de pureza em sua instalação nuclear em Fordow, com planos de expansão significativa de sua capacidade de enriquecimento. A ação é vista como provocativa por nações ocidentais, uma vez que o Irã está a um passo técnico de urânio com grau de pureza militar. Ademais, a instalação está localizada dentro de uma montanha, o que dificulta um possível ataque. Especialistas em não proliferação afirmaram que o país tem urânio enriquecido a 60% suficiente para processá-lo em combustível para a construção de pelo menos uma bomba nuclear. As ambições nucleares do Irã têm sido alvo de escrutínio no contexto de tratativas de celebração de um novo acordo nuclear com o país.

África e Oceania

Alguns desenvolvimentos notáveis no setor nuclear puderam ser identificados na África e na Oceania no último trimestre de 2022. Uma das notí-

Políticas Públicas e Planos de Governo

cias mais significativas está relacionada a Gana, onde o secretário-adjunto do Departamento de Energia dos EUA, David Turk, tem procurado convencer seus governantes a considerar os SMRs uma alternativa aos reatores nucleares tradicionais.

Em um simpósio sobre energia nuclear e questões climáticas, Turk [explicou](#) como os SMRs, representando a mais nova geração de reatores nucleares, podem ser instrumentos importantes para auxiliar Gana a atender suas necessidades energéticas enquanto reduz a sua pegada de carbono. Turk também sugeriu que, se Gana adotasse os SMRs, poderia se tornar um centro de fabricação da tecnologia para o restante do continente, de modo a proporcionar um impulso econômico para o país e ajudar a posicioná-lo como liderança no campo emergente de SMRs.

Na Austrália, um grupo de nove senadores [introduziu](#) um projeto de lei apoiando o uso de energia nuclear no país. A iniciativa visa garantir a segurança energética e explorar o potencial da energia nuclear para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. A medida ocorre enquanto o país lida com novas demandas energéticas e com aumento do interesse em energia nuclear desde a aquisição de submarinos nucleares por parte do setor militar.

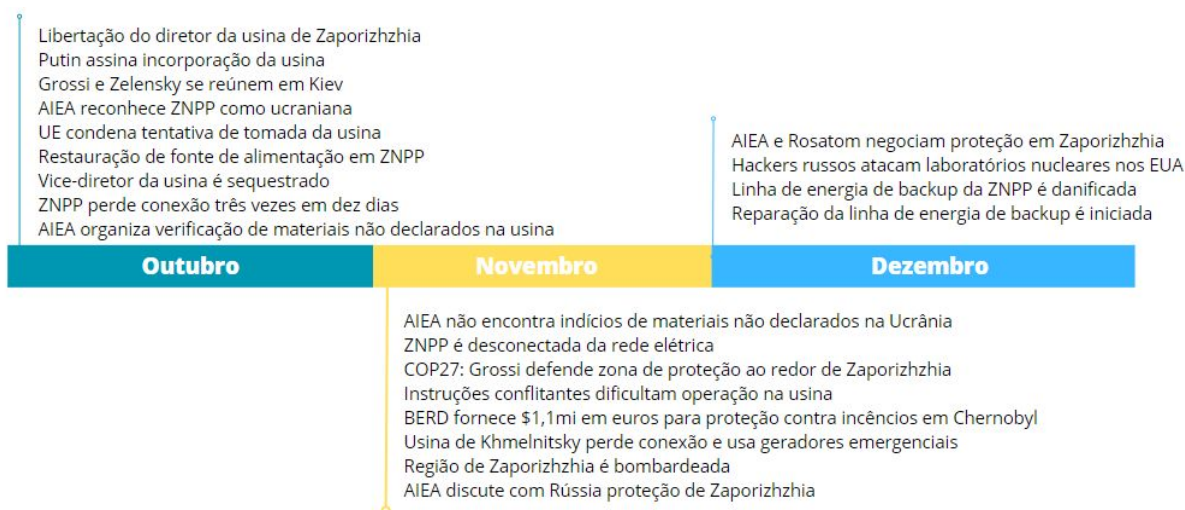
A Austrália proibiu a utilização de energia nuclear em 1998. No entanto, o senador Matt Canavan, do Partido Nacional, argumenta que a Austrália não pode se limitar a fontes de energia pouco confiáveis, como gás natural e carvão, especialmente à medida que as necessidades energéticas do país continuam a crescer. Canavan acredita que chegou o momento de revisitar a discussão sobre energia nuclear e explorar os potenciais benefícios que ela poderia oferecer ao país em termos de segurança energética e redução de emissões de carbono.

Dinâmica Internacional

Rússia e Ucrânia: Tensões em instalações nucleares se acentuam

O conflito militar no Leste Europeu ainda provoca interrupções de conexão e danos à Usina Nuclear de Zaporizhzhia (ZNPP). Uma disputa formalizada pela posse da usina começou em outubro, dificultando o estabelecimento de uma zona de proteção na região. A Figura 1, abaixo, resume os principais acontecimentos relativos ao conflito nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2022.

Figura 1: Linha do tempo do conflito entre Rússia e Ucrânia no 4º trimestre de 2022



Fonte: Elaboração própria, a partir de IFE EN-GESEL (2022).

Ao longo do quarto trimestre de 2022, prosseguiu a tensão a respeito das condições dos trabalhadores de ZNPP, com a libertação do diretor da usina no começo de outubro seguida do sequestro do vice-diretor no mesmo mês. A questão envolveu uma dificuldade adicional após o dia 5 de outubro, quando o presidente russo, Vladimir Putin, assinou um decreto que declarava a [apropriação da usina](#). Com a medida, formalizou-se a incorporação de 15% do território ucraniano.

Dinâmica Internacional

De acordo com a câmara baixa do parlamento russo, Putin assinou quatro leis constitucionais sobre a incorporação das Repúblicas Populares de Donetsk e Luhansk, bem como das regiões de Zaporizhzhia e Kherson na Federação Russa. A [União Europeia](#) condenou a iniciativa e foi acompanhada pela IAEA, que, após se reunir com o presidente ucraniano Volodymyr Zelensky, declarou que a ZNPP pertence à Ucrânia.

As disputas sobre a posse da usina, embora criem dificuldades no estabelecimento de uma zona de proteção em seus arredores, ressaltam a importância de uma política de segurança mais ativa na região. Embora a equipe de operação da usina tenha se mantido após a tentativa de incorporação, foram verificadas [instruções conflitantes](#) relacionadas à cadeia de comando e ao processo de tomada de decisão. As instalações permaneceram com suas conexões com a rede elétrica local interrompidas, demandando uso de geradores de *backup*. Em dezembro, o Diretor-Geral da IAEA, Rafael Grossi, e o presidente da Rosatom, Alexey Likhachev, [abriram negociações](#) para o estabelecimento da zona de proteção em Zaporizhzhia.

COP27: Energia nuclear na promoção de uma transição energética mais segura

Entre os dias 6 e 18 de novembro de 2022, ocorreu 27ª Conferência do Clima da Organização das Nações Unidas (COP27) no Egito. O evento teve a participação de chefes de Estado, líderes e presidentes de associações internacionais e formuladores de políticas energéticas.

Dinâmica Internacional

Figura 2: Rafael Grossi (IAEA) discursa na COP27



Fonte: IAEA (2022).

No evento, a indústria internacional de energia nuclear publicou um [comunicado conjunto](#) visando alertar os tomadores de decisão para os benefícios dessa fonte de energia no contexto atual. A declaração foi emitida em conjunto pela Associação Nuclear Canadense, pelo Fórum Industrial Atômico do Japão, pelo Instituto de Energia Nuclear dos EUA, pela Associação da Indústria Nuclear do Reino Unido, pela Nucleareurope, pelo Fórum Atômico Romeno e pela Associação Nuclear Mundial.

O comunicado ressalta o papel da energia nuclear na promoção de uma transição energética limpa, mantendo a viabilidade econômica e reduzindo vulnerabilidades geopolíticas causadas pela importação de combustíveis fósseis. Os signatários pedem que os investimentos em novas construções nucleares cresçam de forma acelerada para aumentar a contribuição da energia nuclear nas redes de energia até 2030.

Dinâmica Internacional

O comunicado ressalta o papel da energia nuclear na promoção de uma transição energética limpa, mantendo a viabilidade econômica e reduzindo vulnerabilidades geopolíticas causadas pela importação de combustíveis fósseis. Os signatários pedem que os investimentos em novas construções nucleares cresçam de forma acelerada para aumentar a contribuição da energia nuclear nas redes de energia até 2030.

A defesa da energia nuclear durante a COP27 teve participação dos [Estados Unidos](#) por meio do seu enviado especial do clima, John Kerry. O porta-voz enfatizou que não será possível zerar as emissões líquidas de gases do efeito estufa até 2050 sem o auxílio da energia produzida pelos reatores nucleares. Rafael Grossi, Diretor-Geral da IAEA, defendeu os planos de [prolongamento de vida útil](#) das usinas existentes como uma poderosa ferramenta no combate ao aquecimento global.

Irã: Programa Nuclear provoca tensões diplomáticas

Segundo [pesquisa](#) divulgada em outubro de 2022 pela Eurasia Group Foundation, mais de três quartos da população norte-americana apoia as negociações nucleares com o Irã. A parcela de apoiadores somou 78,8% do total dos entrevistados, número superior ao verificado em 2021. Republicanos e democratas, apesar de demonstrarem uma distância não desprezível no apoio às negociações, são majoritariamente apoiadores da iniciativa, com 70% e 88% favoráveis, respectivamente.

Contudo, o cenário dos últimos meses de 2022 cria algumas dificuldades para o avanço das negociações. Como mencionado na seção anterior, o Irã anunciou, em novembro, planos de uma expansão maciça na sua capacidade de enriquecimento, política que abriria possibilidade para o desenvolvimento de armas nucleares.

A repercussão dos avanços iranianos em direção ao possível uso não pacífico de tecnologias nucleares gerou uma forte reação na comunidade internacional. Reino Unido, França e Alemanha emitiram um comunica-

Dinâmica Internacional

do em conjunto [condenando os planos de expansão](#) do programa nuclear iraniano. Apesar da reprovação, tomadores de decisão da União Europeia sinalizaram, em dezembro, que [não vislumbram opções](#) para a resolução da tensão que não seja um acordo nuclear. Tal opinião não é compartilhada por Israel, tradicional aliado do ocidente na região, cujo Primeiro Ministro se comprometeu, no começo de janeiro de 2023, a tentar [impedir a retomada](#) do acordo nuclear.

|| Fique de olho!

Coreia do Sul: Solicitação para que ONU vigie programa nuclear da Coreia do Norte

O Presidente da Coreia do Sul solicitou ao chefe do órgão de vigilância nuclear das Nações Unidas (ONU) a intensificação do monitoramento do programa de armas da Coreia do Norte. Além disso, Yoon Suk-Yeol pediu a Rafael Grossi, Diretor-Geral da IAEA que apoiasse os esforços para impedir que a Coreia do Norte se envolva em questões nucleares no país. Grossi afirmou que simpatiza com a ideia e que a AIEA faria o possível para salvaguardar o regime internacional de não proliferação de armas nucleares.

Inovação Tecnológica

No trimestre analisado, é possível observar importantes atualizações sobre o panorama mundial dos SMRs, bem como o aumento de iniciativas envolvendo esta tecnologia advindas tanto do capital privado quanto de investimentos públicos. Para analisar esse contexto, os quadros a seguir compilam os projetos envolvendo os SMRs, apresentando uma breve descrição sobre cada um deles.

Quadro 2: Iniciativas de agentes públicos e agências internacionais envolvendo SMRs

País	Abrangência	Descrição
EUA e Canadá	Nacional	O acordo de afretamento sobre tecnologias de SMRs estabeleceu a relação de colaboração entre CNSC e NRC.
EUA	Nacional	O Departamento da Força Aérea dos EUA (DAF, na sigla em inglês), em parceria com a Agência de Logística de Energia de Defesa, anunciou a solicitação de uma proposta para o Programa Piloto de Microrreator da Base Aérea de Eielson.
EUA	Nacional	Aceitação pela Comissão Reguladora Nuclear dos EUA da metodologia da NuScale para determinar o tamanho adequado da ZPE em torno às usinas de SMRs.
Japão e República Tcheca	Nacional	Participação em um Fórum, em Viena, para identificar e discutir desafios regulatórios relacionados aos SMRs e compartilhar experiências envolvendo essa tecnologia.

Inovação Tecnológica

Quadro 2: Iniciativas de agentes públicos e agências internacionais envolvendo SMRs (continuação)

País	Abrangência	Descrição
EUA e Ucrânia	Local	Anúncio de um projeto direcionado à demonstração da produção de hidrogênio e amônia usando um SMR e tecnologias inovadoras de eletrólise na Ucrânia.
EUA e Canadá	Nacional	Inclusão de SMRs entre as tecnologias de energia limpa elegíveis para um novo crédito fiscal de investimento.
EUA e Japão	Nacional	Cooperação para apoiar a implantação de SMRs e outras tecnologias avançadas de reatores em países parceiros.
IAEA	Nacional	Uma equipe de especialistas da IAEA concluiu a revisão de segurança do processo da Romênia para selecionar o local de implantação de um SMR.
IAEA	Mundial	Realização da 66ª Conferência Geral da IAEA para avaliar as suas realizações e as perspectivas no apoio ao desenvolvimento de SMRs, implantação, licenciamento e supervisão em todo o mundo.

Fonte: Elaboração própria, a partir de IFE Energia Nuclear - GESEL (2022).

Inovação Tecnológica

Quadro 3: Iniciativas de agentes privados envolvendo SMRs

Responsável	País	Descrição
SaskPower	Canadá	Realização de estudo profundo para determinar a viabilidade de hospedagem de um SMR em duas áreas na província de Saskatchewan.
ABDAN	Brasil	Participação na 66ª Conferência Geral da IAEA na sessão sobre avanços em SMRs.
ABDAN	Brasil	Debate com a IAEA sobre possíveis aplicações de SMRs no Brasil.
Holtec	EUA e Japão	Criação de uma parceria com a Hyundai que visa acelerar o desenvolvimento de um modelo de SMR.
Holtec	Reino Unido	Apresentação de um pedido de entrada de Avaliação de Projeto Genérico (GDA, na sigla em inglês) para o seu projeto SMR-160 ao Departamento de Negócios, Energia e Estratégia Industrial (BEIS).
CNL	Canadá	Os Laboratórios Nucleares Canadenses (CNL) lançaram uma chamada de propostas de projetos com o objetivo de conquistar iniciativas de pesquisa colaborativa em SMRs e reatores avançados.
RoPower	Romênia	A RoPower Nuclear planeja a repotenciação da usina de carvão Doicești.

Inovação Tecnológica

Quadro 3: Iniciativas de agentes privados envolvendo SMRs (continuação)

Responsável	País	Descrição
Laurentis e Synthos	Polônia	Assinatura de um contrato de serviços entre as duas empresas em busca do desenvolvimento e da implantação de SMRs na Polônia.
GE Hitachi	Reino Unido	Apresentação de um GDA para o seu SMR BWRX-300 ao BEIS.
Ontario Power Generation	Canadá	Arrecadação de um financiamento para o novo projeto <i>Nuclear Darlington</i> , cujo foco é construir um SMR.
Rolls-Royce	Reino Unido	Seleção de dois novos locais com potencial para sediar um SMR.
Solway Power Company	Inglaterra	Seleção de SMR da Rolls-Royce para implantação em West Cumbria, Inglaterra.
NuScale	EUA	Atualizações da estimativa de custos para a construção da primeira usina de SMR da empresa nos EUA.
Nuclearelectrica e Donalam	Romênia	Assinatura de um memorando de entendimento para explorar oportunidades de cooperação e investimento relacionadas ao desenvolvimento do primeiro projeto de SMR na Romênia.

Inovação Tecnológica

Quadro 3: Iniciativas de agentes privados envolvendo SMRs (continuação)

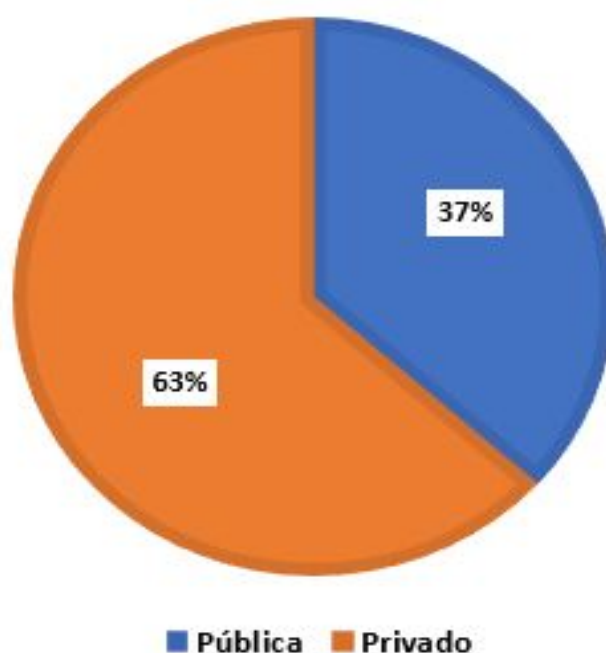
Responsável	País	Descrição
NuScale Power e Shell Global Solutions	EUA	As duas empresas e participantes de pesquisa do Idaho National Laboratory desenvolverão um sistema de produção de hidrogênio limpo para uso em usinas de SMRs.
NuScale	EUA	Conclusão do projeto padrão da usina que fornece aos clientes um projeto genérico para a usina nuclear VOYGR de SMR.
Prodigy e NuScale	Canadá	Anúncio do projeto conceitual para um SMR transportável e baseado no mar.
Fortum e Kärnfull	Suécia	Assinatura de um memorando de entendimento para explorar conjuntamente oportunidades para a construção de usinas de SMRs na Suécia.
X-Energy e Paragon Energy Solutions	EUA	Protótipo do sistema de segurança de SMRs concluído.

Fonte: Elaboração própria, a partir de IFE Energia Nuclear - GESEL (2022).

Inovação Tecnológica

A partir dos dados desses quadros, o Gráfico 1 mostra a diferença entre os investimentos em SMRs provenientes dos setores privado e público. No quarto trimestre, foi verificada uma elevação da proporção entre agentes públicos (37%) e privados (63%) frente ao [último período observado](#). Todavia, o setor privado ainda apresenta uma enorme vantagem no montante de investimentos destinados aos SMRs nos últimos três meses.

Gráfico 1: Porcentagem de investimentos públicos e privados voltados à tecnologia dos SMRs no quarto trimestre de 2022



Fonte: Elaboração própria, a partir de IFE Energia Nuclear - GESEL (2022).

Inovação Tecnológica

Fique de olho!

Panorama de custos aponta para viabilidade econômica dos SMRs

Os [SMRs](#) já possuem um custo de geração próximo ou até abaixo do que o das térmicas a gás natural, o que torna essa tecnologia viável em uma eventual retomada da expansão da geração nuclear no Brasil. Os SMRs possuem uma modalidade de construção segundo a qual as peças podem ser transportadas para os locais de instalação como módulos pré-fabricados. Além disso, as usinas nucleares de SMRs possuem uma potência instalada entre 50 MW e 300 MW. Os SMRs têm sido vistos como uma alternativa adicional para a transição energética diante dos altos preços do gás natural no mercado internacional. Tal alta decorre da Guerra da Ucrânia e da dependência dos países europeus ao gás russo.

Outras

tecnologias

Além dos SMRs, outras tecnologias estão surgindo com intuito de gerar melhorias ao longo de toda cadeia produtiva da energia nuclear. No quarto trimestre de 2022, houve um aumento significativo de iniciativas voltadas para essas tecnologias emergentes. No Quadro 4, encontra-se um compilado desses projetos, esclarecendo quais os tipos de inovação tecnológica foram apresentados por cada um deles.

Inovação Tecnológica

Quadro 4: novas tecnologias associadas à cadeia produtiva de energia nuclear

Tipo de Inovação Tecnológica	Responsável	Nome da Tecnologia	Descrição
Usinas nucleares <i>offshore</i>	Estaleiro Báltico	Usinas flutuantes	Investimento em um aumento de 50% de sua capacidade de construir as embarcações, bem como usinas nucleares flutuantes.
	Samsung Heavy Industries	Usina flutuante (CMSR Power Barge)	Conclusão do projeto conceitual da CMSR Power Barge uma usina nuclear flutuante baseada em reatores compactos de sal fundido.
	Bureau Veritas e ThroCon	Reator de sal fundido flutuante (TMSR-500)	Assinatura de um contrato com a ThorCon para a qualificação de tecnologia e subsequente desenvolvimento de um reator de sal fundido ThorCon flutuante de 500 MWe (TMSR-500) a ser implantado na Indonésia.
Inovação nos processos de funcionamento de uma usina nuclear envolvendo tecnologias exponenciais	IAEA	Inteligência artificial	Publicação de um texto que aborda os possíveis benefícios de combinar simulações digitais de instalações nucleares reais aos sistemas de inteligência artificial. O aumento da eficiência e a redução dos custos das operações estão entre os principais benefícios.

Inovação Tecnológica

Quadro 4: novas tecnologias associadas à cadeia produtiva de energia nuclear (continuação)

Tipo de Inovação Tecnológica	Responsável	Nome da Tecnologia	Descrição
Inovação nos processos de funcionamento de uma usina nuclear envolvendo tecnologias exponenciais	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)	Internet das coisas (IoT)	Instalação de um sistema de monitoramento IoT na Usina Nuclear Angra 2, permitindo o monitoramento online do ambiente interno do laboratório, coletando dados em tempo real, além possibilitar a criação de um histórico do comportamento climático do ambiente.
Soluções para o descomissionamento de usinas	IAEA	Tecnologias emergentes	Lançamento de uma iniciativa global destinada a impulsionar o papel de novas tecnologias no processo de descomissionamento de instalações nucleares.
	NDA e NDC	Tecnologias emergentes	Investimento conjunto em áreas de interesse mútuo para os setores nuclear e de petróleo e gás, incluindo a descarbonização de atividades de descomissionamento.
Inovação na forma de gerar energia nuclear	NRC	Fusão nuclear	Divulgação do <i>white paper</i> intitulado “Licenciamento e regulação de sistemas de energia de fusão”, que apresenta opções para regular os dispositivos de energia de fusão.
	DOE	Fusão nuclear	Anúncio de um financiamento de US\$ 50 milhões para empresas privadas de fusão nuclear em parcerias público-privadas.

Inovação Tecnológica

Quadro 4: novas tecnologias associadas à cadeia produtiva de energia nuclear (continuação)

Tipo de Inovação Tecnológica	Responsável	Nome da Tecnologia	Descrição
Inovação na forma de gerar energia nuclear	Tokamak Energy	Fusão nuclear	Assinatura de um acordo de cinco anos com a Autoridade de Energia Atômica do Reino Unido (UKAEA) para estabelecer uma colaboração mais estreita no desenvolvimento de <i>tokamaks</i> esféricos como uma rota para a energia de fusão comercial.
	General Atomics	Fusão nuclear	Anúncio de um conceito de planta piloto de fusão (FPP, na sigla em inglês) compacto e estável, que capitaliza suas inovações e avanços na tecnologia de fusão.
	Cooperação internacional	Fusão nuclear	O projeto <i>International Thermonuclear Experimental Reactor</i> (ITER) anunciou a descoberta de defeitos nos setores de escudos térmicos e vasos a vácuo. Contudo, alertou que as consequências no cronograma e no do projeto custo não serão insignificantes.
	Governo do Reino Unido	Fusão nuclear	Pedido para as comunidades locais em todo o país apresentarem propostas para sediar a planta do Spherical Tokamak for Energy Production (STEP), que envolve a fusão nuclear.

Inovação Tecnológica

Quadro 4: novas tecnologias associadas à cadeia produtiva de energia nuclear (continuação)

Tipo de Inovação Tecnológica	Responsável	Nome da Tecnologia	Descrição
Inovação na forma de gerar energia nuclear	MoltexFLEX	Reator de sal fundido com operação flexível	Lançamento de um reator de sal fundido FLEX que, por meio de operação flexível e uso de tecnologia de armazenamento térmico, pode suportar energia renovável intermitente através de rápida resposta às mudanças na demanda.
	Westinghouse e	Reatores de refrigeração a chumbo (LFR)	Assinatura de um acordo com a companhia de serviços nucleares Ansaldo Nucleare para o desenvolvimento de uma usina com LFR.
	Southern Company e TerraPower	Reator Rápido de Cloreto Fundido (MCFR)	Conclusão da construção e da instalação de uma nova sede para o teste de efeitos integrados que será utilizado no desenvolvimento do MCFR.
	Governo Federal do Japão e da Polônia	Reator resfriado a gás de alta temperatura (HTGR)	Um novo acordo entre a Agência de Energia Atômica do Japão e o Centro Nacional Polonês de Pesquisa Nuclear adicionou o projeto básico de um reator de pesquisa à sua P&D colaborativa em andamento na tecnologia de HTGR.

Inovação Tecnológica

Quadro 4: novas tecnologias associadas à cadeia produtiva de energia nuclear (continuação)

Tipo de Inovação Tecnológica	Responsável	Nome da Tecnologia	Descrição
Inovação no método de enriquecimento de urânio	Centrus Energy Corp	Urânio de baixo enriquecimento de alto ensaio (HALEU)	Recebimento de um financiamento de US\$ 150 milhões do Departamento de Energia dos EUA para demonstrar a capacidade do país de produzir HALEU para reatores avançados, com uma cascata de enriquecimento produzindo até 20 kg, em operação até o final do próximo ano.
Possibilidade de produção de hidrogênio	EDF	Hidrogênio rosa	Recebimento de financiamento do governo do Reino Unido para investigar a viabilidade do uso de calor e eletricidade gerados por energia nuclear para desenvolver hidrogênio para uso na produção de asfalto e cimento.
Inovação no combustível para reatores nucleares	X-Energy	Combustível nuclear TRISO-X	Construção da <i>TRISO-X Fuel Fabrication Facility</i> (ou TF3) do Tennessee, primeira instalação de combustível nuclear avançado em escala comercial dos Estados Unidos, com comissionamento e início de operação até 2025.
	BWXT	Combustível nuclear TRISO-X	Início da produção do combustível TRISO para alimentar o microrreator Projeto Pele, o primeiro desta tecnologia a ser construído e operado nos EUA.

Inovação Tecnológica

Quadro 4: novas tecnologias associadas à cadeia produtiva de energia nuclear (continuação)

Tipo de Inovação Tecnológica	Responsável	Nome da Tecnologia	Descrição
Inovação no combustível para reatores nucleares	TVEL	Robôs e combustível TVS-5	Início dos testes do projeto de combustível TVS-5 em 2023 e fabricação roboticamente dos primeiros conjuntos.
Inovação na agricultura	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa)	Irradiação de alimentos	Apresentação no XIII Seminário Internacional de Energia Nuclear (Sien 2022) de tecnologia de irradiação de alimentos, que gera vantagens competitivas ao agronegócio.

Fonte: Elaboração própria, a partir de IFE Energia Nuclear - GESEL (2022).

A partir da análise do quadro acima, observa-se que três tipos de inovações tecnológicas se destacam: (i) as usinas nucleares *offshore*, (ii) as inovações na forma de gerar energia nuclear e (iii) as inovações no combustível para reatores nucleares. A segunda inovação citada possui o maior montante de iniciativas, tendo como principal tecnologia trabalhada a fusão nuclear. Essa nova [tecnologia energética](#) promete ser mais poderosa e eficiente, além de possuir benefícios como a neutralidade na emissão de carbono, a ausência de geração de lixo tóxico e insumos radioativos e os menores riscos de explosão e contaminação humana e ambiental.

No caso das inovações no combustível para reatores nucleares, os projetos apresentados buscam solucionar um dos desafios associados à expansão de AMRs e SMRs, com a produção de um combustível específico para os mesmos. Deste modo, a principal tecnologia desenvolvida no trimestre analisado foi o combustível [TRISO-X](#), cujo objetivo é ser robusto o suficiente para suportar as altas temperaturas geradas por estes reatores sem derreter.

Inovação Tecnológica

Além disso, destacam-se as iniciativas envolvendo processos de P&D em diferentes etapas, algumas em fase de exibição de documentação com resultados, outras de contratação do agente que realizará a pesquisa. Neste contexto, observa-se um papel significativo de órgãos nacionais no financiamento de pesquisas em diversas áreas da cadeia produtiva nuclear. Muitas vezes, esses financiamentos permitem uma cooperação público-privada essencial para o desenvolvimento de tecnologias emergentes no setor.

Fique de olho!

Geração nuclear se apresenta como alternativa para produção de hidrogênio

[A geração nuclear](#) passou a ser vista como uma possível alternativa na produção de hidrogênio. Em julho de 2022, um grupo composto por mais de 40 organizações da indústria nuclear, organizações não governamentais, governos e Academia lançou a Iniciativa do Hidrogênio Nuclear (NHI, na sigla em inglês). Trata-se de uma coalizão internacional para discutir o uso da fonte nuclear para a produção de hidrogênio, uma vez que é possível usar a eletricidade gerada por essa fonte na eletrólise tradicional para produzi-lo. A energia nuclear não utiliza combustíveis fósseis, por isso, é vista como solução para produzir o combustível sem emissão de carbono.

Empresas

No quarto trimestre de 2022, observou-se um significativo papel do capital empresarial no desenvolvimento de iniciativas no segmento nuclear. O Quadro 5 expõe um compilado dos projetos privados, informando o agente responsável, a localidade, a abrangência e a descrição.

Quadro 5: Iniciativas empresariais voltadas a temáticas nucleares no quarto trimestre de 2022

Empresa	País	Abrangência	Descrição
Eletronuclear	Brasil	Nacional	Reconexão da usina nuclear de Angra 1 no Sistema Interligado Nacional às 5h17 do dia 22 de setembro de 2022.
	Brasil	Nacional	Mudança da Diretoria do Conselho de Administração.
	Brasil	Nacional	Foco na conclusão da usina de Angra 3 e estudos de novos sítios.
	Brasil	Nacional	Grupo de trabalho irá mapear locais para novas usinas.
ENBPar	Brasil	Nacional	Assinatura de um memorando de entendimento com a Rosatom para permitir a troca de experiência e conhecimento em atividades de energia nuclear.
	Brasil	Nacional	Previsão da construção da quarta usina nuclear brasileira em Angra até 2032, pelo presidente da empresa.
	Brasil	Nacional	A empresa passa a controlar a Indústrias Nucleares do Brasil (INB).

Empresas

Quadro 5: Iniciativas empresariais voltadas a temáticas nucleares no quarto trimestre de 2022 (continuação)

Empresa	País	Abrangência	Descrição
INB	Brasil	Nacional	Conclusão da primeira fase da usina de enriquecimento isotópico de urânio.
	Brasil	Nacional	Assinatura de contrato para fornecer materiais enriquecidos em urânio à usina nuclear Angra III de 2023 a 2027.
ABDAN	Brasil	Nacional	Assinatura de um memorando de entendimento com o Gifen para identificação de oportunidades de cooperação no setor nuclear.
Atech	Brasil	Nacional	Atuação no Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica (LABGENE) e participação em novos projeto nucleares.
Holtec	EUA	Nacional	Decisão sobre a reabertura de usina em Michigan.
	EUA	Nacional	Solicitação de financiamento para reiniciar Palisades.
Framatome	EUA	Nacional	Contratação pela NuScale para projetar ferramentas de manuseio de combustível e racks de armazenamento de combustível para a usina de VOYGR.
	EUA	Nacional	Contratação preliminar para a construção de Sizewell C.

Empresas

Quadro 5: Iniciativas empresariais voltadas a temáticas nucleares no quarto trimestre de 2022 (continuação)

Empresa	País	Abrangência	Descrição
TerraPower	EUA	Nacional	Realização de um estudo de viabilidade para explorar locais para até cinco de seus reatores de energia nuclear de última geração.
	EUA	Nacional	Atraso no projeto de reator <i>Sodium</i> em razão da disponibilidade de combustível.
Oklo Inc	EUA	Nacional	Apresentação de um plano de projeto de licenciamento à NRC.
Energy Fuels	EUA	Nacional	Venda de subsidiárias impulsiona planos para produção de urânio.
Pacific Gas and Electric Company (PG&E)	EUA	Nacional	Solicitação de retomada de revisão pela NRC do pedido de renovação da licença para a usina nuclear Diablo Canyon.
Vistra	EUA	Local	Solicitação de renovação da licença para operação de central nuclear Comanche Peak da Luminant até 2053.
Tepco e Hitachi	EUA	Nacional	Parceria que visa a fabricação e a venda de barris de armazenamento de combustível nuclear usado.
ArcelorMittal	EUA	Nacional	Anúncio de um investimento de US\$ 25 milhões na empresa de inovação nuclear TerraPower por meio do Fundo de Inovação XCarb.

Empresas

Quadro 5: Iniciativas empresariais voltadas a temáticas nucleares no quarto trimestre de 2022 (continuação)

Empresa	País	Abrangência	Descrição
Bruce Power	Canadá	Nacional	Avanço no projeto para estabelecer o protocolo de compensação de carbono nuclear.
	Canadá	Nacional	Começo das atividades necessárias para reconexão na rede da unidade 6 da usina de Bruce no quarto trimestre de 2023.
CNL e General Fusion	Canadá	Nacional	Busca por uma série de projetos conjuntos para acelerar a implantação de energia de fusão comercial no Canadá.

Fonte: Elaboração própria, a partir de IFE Energia Nuclear - GESEL (2022).

A partir da análise do Quadro acima, são evidenciadas duas tendências: (i) a busca pela expansão do número de reatores nucleares existentes ao redor do mundo e (ii) o crescimento de instalações que envolvam trabalhos relacionados à cadeia produtiva da energia nuclear. Neste contexto, iniciativas, como a busca de sedes para novas usinas e a construção de uma nova instalação avançada de combustível de reator, realizadas pela TerraPower, demonstram a importância do capital privado para a evolução da tecnologia nuclear, tanto em países que já possuem instalações nesse setor quanto nos que desejam adquiri-la.

Empresas

Além disso, ao observar a localidade das iniciativas trimestrais, percebe-se que a América do Norte é o continente com a maior porcentagem (41%). Em segundo lugar, aparece a Europa, com 27% de participação empresarial em temáticas nucleares, sendo o Reino Unido e a Rússia os maiores representantes. Ao realizar uma análise comparativa com o terceiro trimestre do ano passado, a mudança significativa ocorreu sobre o aumento do montante de iniciativas na América do Sul (25%), onde o Brasil se destaca.

Cenário nacional

Desde a posse do novo Presidente da República, Luiz Inácio Lula da Silva, algumas perspectivas para o futuro da política energética nacional emergiram. No que diz respeito à energia nuclear, representantes desta indústria, como Celso Cunha, presidente da Associação Brasileira para o Desenvolvimento de Atividades Nucleares ([ABDAN](#)), apresentam expectativas positivas frente ao desenvolvimento desse segmento. Nesse caso, as prioridades do governo vislumbradas para a indústria nacional são: (i) a retomada de grandes projetos, como a construção de Angra 3, garantindo a geração de empregos, e (ii) um empreendimento para gerar a autossuficiência brasileira na produção de radioisótopos usados no tratamento e diagnóstico do câncer.

Adicionalmente, existe a expectativa pela construção de uma quarta usina nuclear em território brasileiro. De acordo com [Ney Zanella](#), Diretor-Presidente da ENBPar, durante o evento XII Atomexpo, realizado na Rússia nos dias 21 e 22 de novembro, o governo brasileiro já projeta a nova usina nuclear em Angra dos Reis (RJ) e o intuito seria finalizar a construção até 2032. Com a finalidade de alcançar tais perspectivas, algumas movimentações surgiram no setor empresarial.

Deste modo, a principal iniciativa do trimestre em análise foi consolidada com a publicação do [Decreto nº 11.235/2022](#), que autoriza o aumento de capital social da ENBPar por meio do aporte das ações da União no capital da INB. Com isso, a INB não receberá mais recursos financeiros

Empresas

do Tesouro para pagamento de suas despesas, adquirindo uma maior autonomia orçamentária e financeira, além de mais eficiência na sua gestão do caixa. Em suma, a nova INB terá mais flexibilidade para estabelecer parcerias com a iniciativa privada via outros modelos de associação. Ainda neste contexto, a [Eletronuclear](#) mapeará possíveis localidades para novas usinas.

Fique de olho!

Westinghouse: Cooperação para produção de reatores na Polônia

A [Westinghouse Electric Company](#) assinou memorandos de entendimento com 22 empresas na Polônia que permitem a cooperação na potencial construção de reatores AP1000 no país e em outros projetos na Europa Central. Segundo Mirosław Kowalik, presidente da Westinghouse Electric Company, o envolvimento da indústria polonesa na criação de uma indústria nuclear no país e na construção de sua primeira usina é crucial. Além disso, ele acredita que a indústria e as empresas polacas têm um vasto *know-how* na construção de unidades de energia de todos os tipos, assim como muitas delas já possuem experiência com projetos nucleares em toda a Europa.

Empresas

ENBPar e Rosatom: A energia nuclear como fonte de energia verde

A ENBPar e a empresa russa Rosatom assinaram um [memorando de entendimento](#), buscando fomentar a energia nuclear como fonte de energia verde, segura e indutora de crescimento socioeconômico. O memorando foi estabelecido na 66ª Conferência Geral da IAEA, em Viena, e visa permitir a troca de experiência e conhecimento em atividades de energia nuclear. Entre as pautas estabelecidas estão a conscientização da sociedade acerca dos benefícios do uso pacífico de energia nuclear e o desenvolvimento de combustíveis a partir de urânio. Foi determinado, também, mais diálogo entre os dois países sobre construção, operação e descomissionamento de usinas nucleares de última geração, de alta e pequena capacidades.

Estudos em destaque

GESEL: Retomada da energia nuclear no debate público no Brasil

Em outubro, o coordenador do GESEL, Prof. Nivalde de Castro, e o representante do Brasil junto à IAEA, Marcel Biato, publicaram, pelo Valor Econômico, um artigo discutindo a [ascensão da energia nuclear](#) no cenário atual. Segundo os autores, os esforços de descarbonização ganharam força após o conflito na Ucrânia, revelando, assim, a necessidade de garantir o suprimento de recursos energéticos. A energia nuclear, conforme ressaltado no artigo, cumpre os três principais objetivos da política energética: flexibilidade, segurança de suprimento e sustentabilidade.

O conflito militar e seus impactos na geopolítica global desorganizam o comércio de combustíveis, fertilizantes e alimentos. Em mercados significativamente integrados, como os da atualidade, as consequências negativas de problemas em cadeias de suprimentos específicas são potencializadas e se espalham mais facilmente por toda a economia. Indicadores macroeconômicos importantes, como as taxas de inflação, de juros e do crescimento do produto, refletem esse movimento em escala mundial.

A energia nuclear já é vista como promotora de esforços para a descarbonização e ganha novas potencialidades com as atuais tentativas de garantir a segurança no suprimento energético. Tal segurança se dá tanto comparativamente às demais fontes não emissoras, porém intermitentes, quanto se analisada frente às fontes dependentes da queima de combustíveis fósseis, cujas condições de importação se tornaram incertas.

Estudos em destaque

GESEL: Mercado de urânio reflete fragilidades geopolíticas e oportunidades para o Brasil

Embora no ano de 2022 o potencial da energia nuclear como saída para dependências de importação de combustíveis fósseis foi reconhecido e amplamente discutido, há questões geopolíticas que ainda demandam análise. Em artigo publicado pelo GESEL intitulado "[O Brasil e o mercado mundial de urânio](#)" os autores ressaltam que a Rússia não é somente um ofertante de peso nos mercados de gás natural e petróleo, mas também o sexto maior exportador de urânio do mundo. O país, que, em 2020, foi responsável por 38% da capacidade total mundial de conversão de urânio, figura ainda na quarta posição do ranking de reservas mundiais do material. A implementação de reatores nucleares a fim de evitar retaliações e sanções econômicas depende, portanto, do estabelecimento de uma cadeia de suprimentos estável no próprio mercado de combustível nuclear.

Figura 3: usina de enriquecimento de urânio da INB em Resende, no Rio de Janeiro



Fonte: Energia Hoje (2021)

Estudos em destaque

O Brasil ocupa a sétima posição nas reservas mundiais com um total aproximado de 276,8 mil toneladas de urânio. Estima-se, contudo, que a capacidade brasileira seja muito superior, uma vez que menos de um terço do território nacional encontra-se prospectado. O Plano Nacional de Energia para 2050 (PNE 2050) estabeleceu como recomendação a retomada das prospecções de urânio no país, o que, mesmo após a recente flexibilização de atividades de mineração em dezembro, continua constituindo monopólio da União.

Brookfield: Um novo amanhecer para a energia nuclear

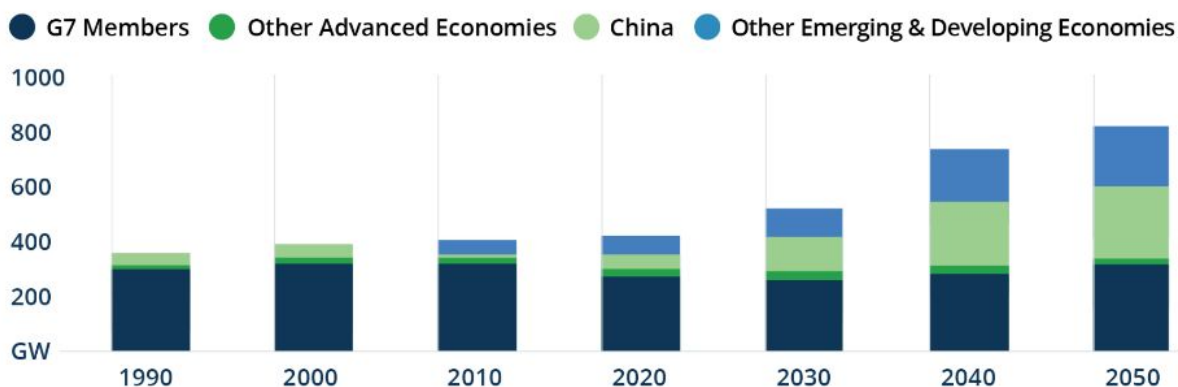
Em meio aos esforços para estabelecer uma rota de desenvolvimento sustentável no mundo, os formuladores de políticas e demais agentes têm visado a implantação em massa de diversas tecnologias de energia limpa. A energia nuclear possui papel fundamental nesse processo como fonte não emissora de base e é pouco crível que as metas de zerar as emissões líquidas até 2050 sejam cumpridas sem a participação dessa fonte nas matrizes energéticas. É o que diz um novo [white paper](#) da Brookfield, gestora de recursos alternativos com negócios em energia renovável e transição.

O documento identifica que a energia nuclear, por seu duplo papel de promotora de segurança e de independência energética, chama a atenção de investidores e formuladores de políticas. A energia gerada pelos reatores, como mostra o estudo, foi responsável por prevenir a emissão de mais de 60 gigatons de CO₂, o que representa um complemento essencial às fontes intermitentes eólicas e solares. A energia hidrelétrica, embora também seja limpa e menos suscetível a instabilidades na geração, é obtida em instalações que possuem, como pré-requisito, condições geográficas favoráveis que nem sempre se fazem presentes. A energia nuclear surge, deste modo, como uma fonte de base complementar ao mix renovável.

Estudos em destaque

Segundo a trilha projetada pela IEA para zerar as emissões até 2050, será preciso duplicar a capacidade instalada em energia nuclear. Em grande medida, essa expansão servirá para suprir a lacuna deixada pelo abandono das fontes que utilizam queima de combustíveis fósseis. O gráfico abaixo mostra a expansão desagregada por grupos de países.

Gráfico 2: Expansão da capacidade instalada em energia nuclear para zerar emissões até 2050



Fonte: Brookfield (2022)

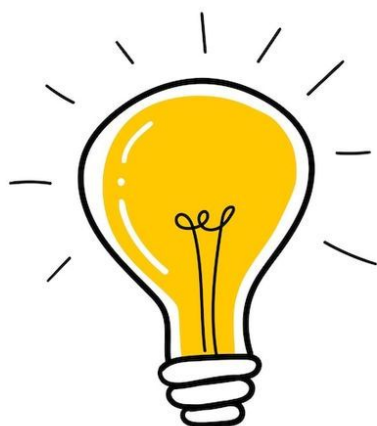
A capacidade de uso da energia nuclear como uma fonte de backup crítico tem sido reforçada nos últimos anos com tecnologias que a tornam cada vez mais despachável. Os pequenos e micro reatores modulares surgem, neste contexto, como uma tecnologia disruptiva que viabiliza o amplo papel dessa fonte na transição energética ao longo das próximas décadas. Por último, o documento menciona o potencial da energia nuclear como impulsionadora da economia do hidrogênio, tendo em vista o uso de reatores nucleares para produção do chamado “hidrogênio rosa”.

Considerações Finais

O conflito militar entre a Rússia e a Ucrânia tem causado grandes transformações nos mercados em todo o mundo, com especial destaque para o setor energético. No quarto trimestre de 2022, tais tensões foram acirradas em decorrência das disputas pela propriedade da usina de Zaporizhzhia, em território ucraniano. A necessidade de redução das importações de combustíveis fósseis como o gás natural tem impulsionado os investimentos em energia nuclear. Ademais, o mercado de urânio também tem refletido as recentes transformações geopolíticas, criando um espaço de aproveitamento dos potenciais do Brasil na exploração de minério nuclear e na sua colocação como um player de relevância nos mercados mundiais.

Destacam-se algumas tecnologias disruptivas cujo desenvolvimento tem sido buscado em iniciativas públicas e privadas. As principais são os pequenos reatores modulares (SMR), já em fase de aplicação em alguns locais do mundo, e a fusão nuclear, que possui potencial de reduzir drasticamente os custos de produção de energia.

O acompanhamento sistemático do desenvolvimento energia nuclear por meio do [Informativo Eletrônico de Energia Nuclear](#) demonstrou a necessidade de avaliações analíticas periódicas, capazes de identificar, mapear e analisar as principais políticas públicas e planos de governo, a dinâmica internacional, o posicionamento e as estratégias das empresas e o desenvolvimento tecnológico. Desta forma, o Relatório do Observatório de Energia Nuclear espera contribuir para uma maior divulgação do conhecimento referente ao tema e impulsionar debates e estudos acerca de novas estratégias e políticas para esta tecnologia também no Brasil.



Para receber o Informativo de Energia Nuclear, clique [aqui](#).



Para ler os Informativos de Energia Nuclear já publicados, clique [aqui](#).

Referências Bibliográficas

ABDAN, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA DESENVOLVIMENTO ATIVIDADES NUCLEARES. **ENBPar e Rosatom buscam cooperação para novas fontes de energia verde.** 04 de out. 2022. Disponível em: <https://abdan.org.br/2022/10/04/enbpar-e-rosatom-buscam-cooperacao-para-novas-fontes-de-energia-verde/>. Acesso em: 15 de fev. 2023.

ABDAN, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA DESENVOLVIMENTO ATIVIDADES NUCLEARES. **Grupo já estuda locais para novas usinas nucleares no Brasil.** 13 de out. 2022. Disponível em: <https://abdan.org.br/2022/10/13/grupo-ja-estuda-locais-para-novas-usinas-nucleares-no-brasil/>. Acesso em: 15 de fev. 2023.

ABDAN, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA DESENVOLVIMENTO ATIVIDADES NUCLEARES. **INB passa a ser controlada pela ENBPar.** 14 de nov. 2022. Disponível em: <https://abdan.org.br/2022/10/14/inb-passa-a-ser-controlada-pela-enbpar/>. Acesso em: 15 de fev. 2023.

ABDAN, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA DESENVOLVIMENTO ATIVIDADES NUCLEARES. **Presidente da ENBPar prevê quarta usina nuclear brasileira em Angra dos Reis até 2032.** 22 de nov. 2022. Disponível em: <https://abdan.org.br/2022/11/22/presidente-da-enbpar-preve-quarta-usina-nuclear-brasileira-em-angra-dos-reis-ate-2032/>. Acesso em: 15 de fev. 2023.

ABDAN, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA DESENVOLVIMENTO ATIVIDADES NUCLEARES. **Proposta prevê a transformação da Nuclep em sociedade de economia mista.** 07 de out. 2022. Disponível em: <https://abdan.org.br/2022/10/07/proposta-preve-a-transformacao-da-nuclep-em-sociedade-de-economia-mista/>. Acesso em 15 de fev. 2023.

ABDAN, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA DESENVOLVIMENTO ATIVIDADES NUCLEARES. **“É inacreditável”, diz ministro sobre a usina de urânio do Ceará ainda não funcionar.** 24 de out. de 2022. Disponível em: <https://abdan.org.br/2022/10/24/e-inacreditavel-diz-ministro-sobre-a-usina-de-uranio-do-ceara-ainda-nao-funcionar/>. Acesso em: 15 de fev. 2023.

ABDAN, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA DESENVOLVIMENTO ATIVIDADES NUCLEARES. **EUA e Japão fecham acordo para nuclear garantir segurança energética e objetivos climáticos.** 28 de out. de 2022. Disponível em: <https://abdan.org.br/2022/10/28/eua-e-japao-fecham-acordo-para-nuclear-garantir-seguranca-energetica-e-objetivos-climaticos/>. Acesso em: 15 de fev. 2023.

ABDAN, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA DESENVOLVIMENTO ATIVIDADES NUCLEARES. **Autoridade dos EUA aprova plano de emergência de SMR da NuScale.** 31 de out. de 2022. Disponível em: <https://abdan.org.br/2022/10/31/autoridade-dos-eua-aprova-plano-de-emergencia-de-smr-da-nuscale/> . Acesso em: 15 de fev. 2023.

ABDAN, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA DESENVOLVIMENTO ATIVIDADES NUCLEARES. **Parlamento alemão aprova prorrogação da vida das usinas nucleares.** 11 de nov. de 2022. Disponível em: <https://abdan.org.br/2022/11/11/parlamento-alemao-aprova-prorrogacao-da-vida-das-usinas-nucleares/> . Acesso em: 15 de fev. 2023.

ABDAN, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA DESENVOLVIMENTO ATIVIDADES NUCLEARES. **Novo governo sueco quer reativar o uso da energia nuclear.** 17 de out. de 2022. Disponível em: <https://abdan.org.br/2022/10/17/novo-governo-sueco-quer-reativar-o-uso-da-energia-nuclear/> . Acesso em: 15 de fev. 2023.

ABDAN. **Terceiro reator da Central Nuclear dos EAU começa a fornecer energia elétrica.** 11 de out. de 2022. Disponível em: <https://abdan.org.br/2022/10/11/terceiro-reator-da-central-nuclear-dos-eau-comeca-a-fornecer-energia-eletrica/> . Acesso em: 15 de fev. 2023.

ABDAN, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA DESENVOLVIMENTO ATIVIDADES NUCLEARES. **Projeto de lei para remover proibição de energia nuclear na Austrália.** 05 de out. de 2022. Disponível em: <https://abdan.org.br/2022/10/05/projeto-de-lei-para-remover-proibicao-de-energia-nuclear-na-australia/> . Acesso em: 15 de fev. 2023.

BLOOMBERG. **Netanyahu Pledges Open Opposition to Return of Iran Nuclear Deal.** 3 de jan. de 2023. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-01-03/netanyahu-pledges-open-opposition-to-return-of-iran-nuclear-deal> . Acesso em: 15 de fev. 2023.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto destina R\$26,5 milhões para as Indústrias Nucleares do Brasil.** 17 de out. 2022. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/914160-projeto-destina-r-265-milhoes-para-as-industrias-nucleares-do-brasil/> . Acesso em: 15 de fev. 2023.

CONGRESSO NACIONAL. **Projeto de Lei do Congresso Nacional nº 36, de 2022. Indústrias Nucleares do Brasil S.A. - INB.** 23 de dez. 2022. Disponível em: <https://www.congressonacional.leg.br/materias/pesquisa/-/materia/154883> . Acesso em 15 de fev. 2023.

CONGRESSO NACIONAL. Projeto de Lei do Congresso Nacional nº 34, de 2022. Banco do Nordeste do Brasil S.A. – BNB e Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear e Binacional S.A. Disponível em: <https://www.congressonacional.leg.br/materias/pesquisa/-/materia/154881>. Acesso em 15 de fev. 2023.

CNN. UE condena tentativa de Putin de apreensão da usina nuclear de Zaporizhzhia. 8 de out. de 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/ue-condena-tentativa-de-putin-de-apreensao-da-usina-nuclear-de-zaporizhzhia/>. Acesso em: 15 de fev. 2023.

CNN. Na COP27, Kerry defende uso de energia nuclear e anuncia nova iniciativa no mercado de carbono. 8 de nov. de 2022. Disponível em: <https://petronoticias.com.br/na-cop-27-rafael-grossi-diz-que-operacao-de-longo-prazo-das-usinas-nucleares-sera-crucial-na-luta-contra-o-aquecimento-global/>. Acesso em: 15 de fev. 2023.

ENERGY CENTRAL. Nuclear Power: Ghana urged to consider small reactors. 10 de out. 2022. Disponível em: <https://energycentral.com/news/nuclear-power-ghana-urged-consider-small-reactors>. Acesso em 15 de fev. 2023.

ENERGY NEWS. The role of nuclear energy in clean hydrogen production. 22 de set. 2023. Disponível em: <https://energynews.biz/the-role-of-nuclear-energy-in-clean-hydrogen-production/>. Acesso em: 15 de fev. 2023.

IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Director General visits Argentina: Highlights Nuclear’s Role in Energy, Cancer Care and Development. 18 de out. 2022. Disponível em: <https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-director-general-visits-argentina-highlights-nuclears-role-in-energy-cancer-care-and-development>. Acesso em 15 de fev. 2023.

IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Advances in Small Modular Reactor Technology Developments. set. 2022. Disponível em: https://aris.iaea.org/Publications/SMR_booklet_2022.pdf. Acesso em: 15 de fev. 2023.

IPEA, INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. “Plasma em combustão” é passo importante para geração de energia por fusão nuclear. 08 de mar. 2023. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/noticias/noticias/301-plasma-em-combustao-e-passo-importante-para-geracao-de-energia-por-fusao-nuclear#:~:text=Mas%20as%20vantagens%20potenciais%20da,riscos%20de%20explos%C3%A3o%20e%20contamina%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 15 de fev. 2023.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Ministro e sociedades científicas discutem investimentos no Reator Multipropósito Brasileiro.** 20 de set. 2022. Disponível em:

<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2022/09/ministro-e-sociedades-cientificas-discutem-investimentos-no-reator-multiproposito-brasileiro>.

Acesso em 14 de fev. 2023.

PETRONOTÍCIAS. **Conclusão de Angra 3 e autossuficiência na produção de radioisótopos, ABDAN destaca o que espera do novo governo Lula.** 03 de nov. 2022. Disponível em:

<https://abdan.org.br/2022/11/03/conclusao-de-angra-3-e-autossuficiencia-na-producao-de-radioisotopos-abdan-destaca-o-que-espera-do-novo-governo-lula/>.

Acesso em: 15 de fev. 2023.

PETRONOTÍCIAS. **Rússia assume quatro regiões da Ucrânia e incorpora maior central nuclear da Europa com seis reatores.** 5 de out. de 2022. Disponível em:

<https://petronoticias.com.br/russia-assume-quatro-regioes-da-ucrania-e-incorpora-a-maior-central-nuclear-da-europa-com-seis-reatores-nucleares/>.

Acesso em: 15 de fev. 2023.

PETRONOTÍCIAS. **ABDAN ampliou sua parceria com a Agência Internacional de Energia Atômica.** 23 de set. 2022. Disponível em:

<https://petronoticias.com.br/abdan-ampliou-sua-parceria-com-a-agencia-internacional-de-energia-atomica/>.

Acesso em 14 de fev. 2023.

REUTERS. **Over three-quarters of Americans support Iran nuclear talks - survey.** 5 de out. de 2022. Disponível em:

<https://www.reuters.com/world/over-three-quarters-americans-support-iran-nuclear-talks-survey-2022-10-05/>.

Acesso em: 15 de fev. 2023.

REUTERS. **UK, France, Germany condemn Iran's plans to expand nuclear programme.** 22 de nov. de 2022. Disponível em:

<https://www.reuters.com/world/middle-east/uk-france-germany-condemn-irans-plans-expand-nuclear-programme-2022-11-22/>.

Acesso em: 15 de fev. 2023.

REUTERS. **Analysis: U.S. leaves door open for Iran nuclear diplomacy.** 19 de dez. de 2022. Disponível em:

<https://www.reuters.com/world/us-leaves-door-open-iran-nuclear-diplomacy-2022-12-19/>.

Acesso em: 15 de fev. 2023.

REUTERS. **Iran starts enriching uranium to 60% purity at Fordow plant.** 22 de nov. 2022. Disponível em:

<https://www.reuters.com/world/middle-east/iran-enrich-uranium-60-purity-fordow-nuclear-site-tv-2022-11-22/>.

Acesso em 15 de fev. 2023.

SENADO NOTÍCIAS. **Projeto libera recursos para Banco do Nordeste e empresa de energia.** 27 de out. 2022. Disponível em:

<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2022/10/27/projeto-libera-recursos-para-banco-do-nordeste-e-empresa-de-energia>.

Acesso em 14 de fev. 2023.

UNITED KINGDOM GOVERNMENT. **Agreement to progress development of new UK small modular reactors.** 11 de out. 2022. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/news/agreement-to-progress-development-of-new-uk-small-modular-reactors>. Acesso em 15 de fev. 2023.

VALOR ECONÔMICO. **Coreia do Sul pede à ONU que vigie programa nuclear da Coreia do Norte.** 16 de dez. de 2022. Disponível em: <https://valor.globo.com/mundo/noticia/2022/12/16/coreia-do-sul-pede-a-onu-que-vigie-programa-nuclear-da-coreia-do-norte.ghtml>. Acesso em: 15 de fev. 2023.

VALOR ECONÔMICO. **ENBPar e Rosatom buscam cooperação para novas fontes de energia verde.** 18 de nov. 2022. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2022/11/18/pequenos-reactores-ganham-viabilidade.ghtml>. Acesso em: 15 de fev. 2023.

X-ENERGY. **TRISO-X.** 17 de fev. 2022. Disponível em: <https://x-energy.com/fuel/triso-x>. Acesso em: 15 de fev. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Westinghouse developing Polish AP1000 supply chain.** 23 de set. 2022. Disponível em: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Westinghouse-developing-Polish-AP1000-supply-chain>. Acesso em: 15 de fev. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **IAEA concern over conflicting instructions for Zaporizhzhia staff.** 15 de nov. de 2022. Disponível em: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/IAEA-concern-over-conflicting-instructions-for-Zap>. Acesso em: 15 de fev. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Industry associations highlight key role of nuclear.** 16 de nov. de 2022. Disponível em: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Industry-associations-highlight-key-role-of-nuclear>. Acesso em: 15 de fev. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **IAEA and Rosatom hold Zaporizhzhia protection zone talks.** 22 de dez. de 2022. Disponível em: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/IAEA-and-Rosatom-hold-Zaporizhzhia-protection-zone>. Acesso em: 15 de fev. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **US and Canadian regulators further SMR Collaboration.** 07 de out. 2022. Disponível em: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/US-Canadian-regulators-further-SMR-collaboration>. Acesso em 15 de fev. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Uranium exploration supported in Canadian critical materials strategy.** 13 de dez. 2022. Disponível em: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Uranium-exploration-supported-in-Canadian-critical>. Acesso em 15 de fev. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **UK opens applications for GBP60 million HTGR research.** 13 de dez. 2022. Disponível em: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/UK-government-unveils-GBP60-million-for-HTGR-resea>. Acesso em 15 de fev. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **France looks into increasing uranium enrichment capacity.** 10 de out. 2022. Disponível em: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/France-looks-into-increasing-uranium-enrichment-ca>. Acesso em 15 de fev. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **India's long-term development strategy sees nuclear expansion.** 15 de nov. 2022. Disponível em: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/India-long-term-development-strategy-sees-nuclear>. Acesso em 15 de fev. 2023.



Observatório de Energia Nuclear

Equipe de Pesquisa

Editor: Prof. Nivalde J. de Castro

Subeditores: Fabiano Lacombe
João Pedro S. Gomes

Pesquisadores: Cristina Rosa
Isadora Corrêa
Pedro Ludovico



fb.com/geselufrj



[@geselufrj](https://twitter.com/geselufrj)