GESEL
Grupo de Estudos do Setor Elétrico
UFRJ

Observatório de Energia Nuclear

Nº 3

1º TRIMESTRE
2023

GESEL
Grupo de Estudos do Setor Elétrico
UFRJ

Observatório de Energia Nuclear Nº3

Editor
Prof. Nivalde de Castro
Subeditores
Bianca Castro
Fabiano Lacombe
Pesquisadores
João Pedro Gomes
Cristina Rosa
Isadora Correa
Pedro Ludovico

Junho de 2023

Sumário

Introdução 5

1. Políticas Públicas e Planos de Governo..... 6

2. Dinâmica Internacional..... 25

3. Inovação Tecnológica..... 33

3.1. Iniciativas em destaque..... 37

4. Empresas..... 40

5. Estudos em destaque..... 44

6. Considerações Finais..... 48

7. Referências Bibliográficas..... 49

Introdução

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.

Diversos países participaram do movimento de consolidação da energia nuclear dentro do processo de descarbonização com foco nas considerações brasileiras e nas atualizações em países da América do Norte, Europa e Ásia. O Brasil concentrou-se em impulsionar o envolvimento do setor privado na mineração nuclear, reduzir as perdas pós-colheita por meio da irradiação nuclear e avançar na construção do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB). Simultaneamente, países da América do Norte, Europa e Ásia deram passos importantes na melhoria de suas capacidades e legislações de energia nuclear, reconhecendo o papel singular da energia nuclear na transição energética.

Por outro lado, a decisão da União Europeia (UE) de excluir a energia nuclear de suas novas metas de energias renováveis sinaliza um debate internacional contínuo sobre o papel da energia nuclear na descarbonização. Esses eventos destacam a natureza dinâmica e consequente das políticas públicas entre segurança energética e sustentabilidade ambiental.

Políticas Públicas e Planos de Governo

Brasil

No primeiro trimestre de 2023 foram observados desenvolvimentos significativos no setor de energia nuclear brasileiro como demonstra o Quadro 1, a seguir.

Quadro 1: Principais iniciativas do setor nuclear brasileiro durante o 1º trimestre de 2023.

Data	Evento	Detalhes
29/12/2022	Implementação da Lei n.º 14.514/2022	Permite maior envolvimento do setor privado nas atividades de mineração nuclear, mantendo o monopólio da INB na mineração, mas permitindo colaboração com parceiros privados.
25/01/2023	Avanços na construção do RMB	O MCTI anunciou progressos na construção do RMB, com parceria estratégica com a Argentina junto a investimentos planejados para 2023 e 2024.
17/03/2023	Atingido o número de assinaturas para formação da Frente Parlamentar Nuclear	Liderada pelo Deputado Júlio Lopes (PP-RJ) e apoiada pela ABDAN, a Frente Parlamentar Nuclear tem como objetivo consolidar a participação política das empresas do setor.
24/03/2023	Proposta do PL para Restabelecimento da Renuclear	O Deputado Júlio Lopes apresentou um PL para estabelecer o Renuclear visando beneficiar projetos para infraestrutura em geração nuclear.

Fonte: Elaboração própria, a partir do IFE Nuclear (GESEL, 2023).

Políticas Públicas e Planos de Governo

A implementação da Lei nº 14.514/2022, sancionada pelo ex-presidente no final do mês de dezembro de 2022 foi extremamente importante. Esta legislação traz repercussões significativas para este ano e para o posterior desenvolvimento nuclear brasileiro, possibilitando maior envolvimento do setor privado nas atividades de mineração nuclear.

Originada de uma Medida Provisória aprovada pela Câmara dos Deputados em novembro e pelo Senado em dezembro, a Lei mantém o monopólio da empresa estatal INB (Indústrias Nucleares do Brasil) na mineração nuclear. No entanto, permite que a estatal colabore com parceiros privados com a expectativa de estimular os investimentos na produção nacional de urânio, mineral utilizado para o combustível nuclear nas usinas de Angra. A aprovação presidencial veio com alguns vetos: uma disposição que condicionava a exportação de minerais nucleares pela INB à aprovação do Ministério de Minas e Energia (MME) e uma seção que teria modificado a estrutura da Agência Nacional de Mineração (ANM) para criar cargos comissionados.

A aprovação da Lei n.º 14.514/2022 permite parcerias com o setor privado na pesquisa e exploração de minerais nucleares, sendo elogiada por agentes do setor nuclear brasileiro como um passo positivo em direção à autossuficiência energética nacional. Por outro lado, o relatório final do Grupo de Transição do MME alertou contra a lei em razão da sua criticidade média. O relatório destacou que o relaxamento do monopólio sobre os minerais nucleares poderia ter impactos significativos como permitir uma participação majoritária de

Políticas Públicas e Planos de Governo

empresas privadas na mineração com risco de perda de soberania nacional no setor. O grupo também consultou o novo governo para evitar a privatização da Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. (Nuclep), visando a garantia da soberania.

Em outro acontecimento, a física Patrícia Wieland enfatizou, em entrevista publicada dia 16/01, a importância da irradiação nuclear na conservação de alimentos em toda a cadeia de produção. Dados da ONU sugerem que a falta de irradiação nuclear resulta em uma perda pós-colheita de 12% na América Latina. Wieland destacou a simplicidade, eficiência da técnica, o potencial para evitar o uso de químicos e a capacidade de tratar grandes volumes de produção em curto período. Ela afirmou ainda que todas as regiões do Brasil poderiam implementar essa técnica, complementando o tratamento de produtos sazonais com os não-sazonais e utilizando o irradiador para outros produtos agrícolas como ração e flores.

Paralelamente, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) anunciou mais avanços na construção do RMB, visando garantir a autonomia do país na produção de radioisótopos para uso médico e apoio à pesquisa científica no campo nuclear, de acordo com a Ministra Luciana Santos. A Argentina se apresenta como uma parceira estratégica no desenvolvimento do RMB. Além disso, investimentos no Fundo Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) para o projeto estão planejados para 2023 e 2024, incluindo a contratação de uma empresa argentina para projetar, detalhadamente, a planta de processamento de radioisótopos.

O Ministro das Minas e Energia, Alexandre Silveira, reuniu-se com membros da indústria nuclear para discutir novas medidas e ações para o setor. Entre os principais anúncios, encontra-se a criação

Políticas Públicas e Planos de Governo

de uma coordenação específica para o setor nuclear no Ministério, demanda requisitada há muito pelo setor. Este novo órgão reportará à Secretaria Executiva do MME. Além disso, Silveira anunciou a criação de um Grupo de Trabalho para avaliar as ações prioritárias do setor com foco na gestão eficiente de recursos públicos.

Um dos principais marcos do setor nuclear do primeiro trimestre de 2023 foi a criação de uma Frente Parlamentar no Congresso Nacional para estimular políticas públicas para o desenvolvimento de tecnologias e atividades nucleares. Sob liderança do Deputado Federal Júlio Lopes (PP-RJ) e apoio da Associação Brasileira para o Desenvolvimento de Atividades Nucleares (ABDAN), o objetivo da Frente Parlamentar é consolidar a participação política das empresas envolvidas na cadeia produtiva nuclear, incluindo bens de capital, construção, montagem, empresas de consultoria e engenharia, operação de usinas, unidades de fabricação de sistemas e equipamentos.

Em termos de geração de energia, a principal pauta da Frente será a viabilidade de usinas e outras instalações em termos econômicos e técnicos. Além disso, pretendem abordar a questão da irradiação de alimentos. Tópico este em desenvolvimento em todo o mundo. Com diversos países não aceitando produtos sem passar por irradiação, o Brasil perde oportunidades de exportar seus produtos com maior valor agregado, sendo um assunto crítico que ainda requer bastante coordenação.

Em março, esse movimento em direção à formação de uma Frente Parlamentar Nuclear alcançou novo marco. O Deputado Júlio Lopes, com apoio da ABDAN, conseguiu reunir o número necessário de assinaturas para implementar a Frente. No total, foram 204 assinaturas, sendo 195 deputados federais e 9 senadores.

Políticas Públicas e Planos de Governo

Além disso, o Deputado Júlio Lopes apresentou um Projeto de Lei para restabelecer o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento de Usinas Nucleares (Renuclear). A proposta é aplicar esse benefício fiscal a projetos aprovados a fim de implementar a infraestrutura no setor de geração de energia nuclear até 31 de dezembro de 2025. Segundo a justificativa apresentada pelo deputado, o restabelecimento do Renuclear possibilitará a execução de projetos significativos, como a extensão de 20 anos de vida da usina de Angra 1. O Projeto de Lei propõe também a extensão dos benefícios fiscais a aluguéis, aquisições e importações de maquinário, dispositivos, instrumentos e equipamentos entre 1 de julho de 2021 e 31 de dezembro de 2028, pela entidade jurídica qualificada para o Renuclear.

Portanto, o primeiro trimestre de 2023 apresentou diversas mudanças na política nuclear brasileira com ênfase na habilitação do setor privado, no aprimoramento da aplicação da tecnologia nuclear em diversos setores e na instituição de benefícios fiscais para o desenvolvimento da infraestrutura nuclear. Reflete, nesse sentido, um intenso compromisso em fortalecer as capacidade nucleares do Brasil e estabelecer o país como um importante *player* na indústria nuclear global. Sendo necessários ainda, diversos avanços para garantir este papel ao país.

América do Norte

O primeiro trimestre de 2023 apresentou eventos que delinearam as políticas públicas e os planos governamentais relativos à energia nuclear na América do Norte. Notadamente, esses eventos destacam a crescente

Políticas Públicas e Planos de Governo

expansão do papel da energia nuclear na transição para energia limpa e na mitigação das mudanças climáticas no Canadá e nos EUA, como demonstra o Quadro 2, a seguir.

***Quadro 2*: Principais iniciativas do setor nuclear norte-americano durante o 1º trimestre de 2023.**

Data	Evento	Detalhes
21/12/2022	Aprovação da Lei de Redução da Inflação (IRA) de 2022 nos EUA	A IRA proporcionou novos créditos fiscais de produção para as atuais usinas nucleares e ofereceu créditos 'tecnologicamente neutros' voltados para tecnologias limpas, incluindo a nuclear.
27/03/2023	Compromisso Canadá – EUA	Trudeau e Biden anunciam lançamento de uma força-tarefa de um ano para identificar oportunidades críticas de energia limpa e cadeias de suprimento para apoiar o desenvolvimento de SMRs.
28/03/2023	Orçamento Federal do Canadá	Orçamento anual canadense incluiu a energia nuclear no crédito de impostos para investimentos em energia limpa, qualificando a fonte para uma série de outros incentivos fiscais.

Fonte: Elaboração própria, a partir do IFE Nuclear (GESEL, 2023).

Políticas Públicas e Planos de Governo

No Canadá, o Orçamento Federal de 2023 demonstrou apoio à energia nuclear como parte integral da transição para energia limpa. O orçamento foi confirmado pela Vice-Primeira-Ministra e Ministra das Finanças, Chrystia Freeland, que apresentou o orçamento à Câmara dos Comuns em 28 de março. O orçamento incluiu a energia nuclear no crédito de impostos para investimentos em energia limpa, qualificando a fonte para uma série de outros incentivos fiscais. Essas medidas indicam, claramente, o compromisso do governo canadense em incentivar a energia nuclear na transição energética.

Simultaneamente, Canadá e EUA reafirmaram seu compromisso em fortalecer as cadeias de suprimentos nucleares e desenvolver pequenos reatores modulares (SMRs), como compromisso entre o primeiro-ministro canadense, Justin Trudeau e o Presidente dos EUA, Joe Biden para coordenar esforços no desenvolvimento de cadeias de suprimentos de combustível nuclear, incluindo o acesso a urânio de baixo enriquecimento e a construção de parcerias no fortalecimento mútuo das indústrias nucleares em ambos países. Os SMRs são vistos pelos dois países como uma solução para a energia nuclear em termos de geração segura, confiável e capacidade de produção em escala. Com o intuito de acelerar esta cooperação foi anunciado o lançamento de uma força-tarefa, com duração de um ano, cujo objetivo é identificar oportunidades críticas de energia limpa e cadeias de suprimento, além de apoiar o desenvolvimento de SMRs.

Nos EUA, a recente Lei de Redução da Inflação de 2022 (IRA) inaugurou novas oportunidades para a energia nuclear, destacando-a

Políticas Públicas e Planos de Governo

como um ativo livre de carbono, fundamental na luta contra as mudanças climáticas. A IRA reforçou esse papel ao proporcionar novos créditos fiscais de produção para as atuais usinas nucleares e oferecer vários créditos 'tecnologicamente neutros' voltados para tecnologias com baixa ou zero emissão de carbono, na qual a energia nuclear está inclusa. Essa legislação dá ênfase às crescentes iniciativas de descarbonização e um aumento nos investimentos dos setores público e privado, indicando uma crescente trajetória para a indústria nuclear nos EUA.

Portanto, o primeiro trimestre de 2023 foi crucial para a energia nuclear na América do Norte. Políticas públicas e planos governamentais refletiram a renovação no papel da energia nuclear na realização de metas de energia limpa. Os esforços de cooperação entre Canadá e EUA aliados ao apoio legislativo e financeiro em cada país, destacam o compromisso da região em instigar a energia nuclear como fonte de energia confiável e livre de carbono para a transição energética.

Europa

No primeiro trimestre de 2023, desde o Reino Unido à Bulgária, vários países europeus exibiram avanços importantes em suas políticas de energia nuclear. Cada um dos países com estratégias e objetivos únicos para expansão ou modificação de seus setores de energia nuclear, como demonstra o Quadro 3 abaixo.

Políticas Públicas e Planos de Governo

Quadro 3: **Principais iniciativas do setor nuclear europeu no 1º trimestre de 2023.**

Data	País	Evento	Detalhes
30/01/2023	Reino Unido	Carta aberta para lançamento do programa Great British Nuclear (GBN)	A Prospect Union publicou uma carta aberta pedindo ao primeiro-ministro Rishi Sunak o lançamento do GBN, delineado na Estratégia de Segurança Energética.
17/01/2023	França	Discussão de Projeto de Lei para acelerar a construção de novas instalações nucleares	O Senado francês começou a discussão em torno de um Projeto de Lei destinado a acelerar procedimentos para a construção de novas usinas e continuação da operação das atuais.
13/02/2023	França	Defesa do Hidrogênio Rosa na UE	A França assumiu a liderança na defesa da produção de Hidrogênio Rosa defendendo tratamento igual ao Hidrogênio verde.
07/02/2023	Bélgica	Extensão da operação de antigos reatores	O governo belga pediu à Engie para investigar a extensão dos três reatores mais antigos do país até 2027.
12/01/2023	Suécia	Proposta de emenda à legislação de energia nuclear	Primeiro-ministro, Ulf Kristersson propôs a alteração da lei que limita a dez, o número máximo de reatores nucleares no país.
28/03/2023	Bulgária	Discussão com a Westinghouse e EDF para quatro novos reatores	Ministério da Energia da Bulgária indicou possíveis acordos com a Westinghouse para dois reatores do modelo AP1000 em Kozloduy e com a EDF para duas unidades em Belene.

Fonte: Elaboração própria, a partir de IFE Nuclear (GESEL, 2023).

Políticas Públicas e Planos de Governo

O governo do Reino Unido, de acordo com a carta aberta de representantes da indústria nuclear ao primeiro-ministro Rishi Sunak, precisa, urgentemente, lançar o programa Great British Nuclear (GBN), totalmente financiado para enfrentar a crise energética do país. Delineado na Estratégia de Segurança Energética divulgada em abril do ano passado, o plano buscava estabelecer uma entidade para desenvolver novos projetos nucleares e apoiar a indústria nuclear do país. No entanto, a carta coordenada pela Prospect Union afirma a estagnação da criação do GBN.

Enquanto isso, na França, o Senado começou a discutir um Projeto de Lei para operar as instalações atuais e acelerar a construção de novas instalações nucleares próximas às existentes. Esse Projeto de Lei foi proposto pelo Presidente Emmanuel Macron em fevereiro do ano passado sugerindo a construção de seis novos reatores modelo EPR2 com a opção de mais oito reatores do mesmo tipo. O Projeto tem o objetivo de agilizar os processos administrativos e burocráticos em resposta à urgente crise climática sofrida ao longo do ano.

O Conselho de Ministros da França aprovou o Projeto no início de novembro junto ao Conselho de Política Nuclear (CPN). Diversas reuniões são propostas para a revisão do dossiê nuclear do país a curto e longo prazo. O Conselho pediu, além disso, um novo programa de desenvolvimento de habilidades e estudos sobre o modo como os resíduos radioativos serão gerenciados, afim de lançar um novo programa de construção nuclear. Para garantir a segurança do fornecimento elétrico na França, após um nível de produção historicamente baixo dos reatores do país nos últimos dois anos, o CPN lançou uma remobilização de todos os reatores para o inverno de 2023.

Políticas Públicas e Planos de Governo

A França assumiu a liderança na defesa da produção de hidrogênio rosa, obtido por meio de eletrólise usando energia de usinas nucleares, ao lado do hidrogênio verde. Nove países-membros da UE solicitaram tratamento igual para o hidrogênio verde e rosa em carta à Comissão Europeia. A França, tendo mantido diversas usinas nucleares em operação nas últimas décadas, está em uma posição de destaque para produzir grande quantidade de hidrogênio rosa e vendê-lo para o exterior através de projetos como o H2Med. Tal projeto visa à construção de um grande gasoduto para a transferência de hidrogênio da Espanha e França para a Alemanha e outros países até 2030.

Na Bélgica, o governo requisitou à Engie a extensão, de 2025 para 2027, da investigação da operação dos três reatores mais antigos do país, as unidades Doel 1 e 2 e Tihange 1. Ao reduzir a produção de eletricidade durante os meses do verão, o governo espera prolongar a operação dos reatores para garantir a segurança do fornecimento energético durante os invernos de 2025-2026 e 2026-2027.

A Suécia também apresentou desenvolvimentos significativos em sua política nuclear. O primeiro-ministro, Ulf Kristersson e a Ministra do Clima e Meio Ambiente, Romina Pourmokhtari propuseram uma emenda à legislação atual de energia nuclear. As alterações propostas procuram revogar a lei que limita o número de reatores operacionais a dez e permitir a construção de reatores em novos locais de usinas, com o objetivo de transformar a transição energética de, uma transição de renováveis para, uma transição livre de combustíveis fósseis.

Finalmente, o Ministério da Energia da Bulgária indicou possíveis acordos com a Westinghouse para dois reatores modelo AP1000 na usina nuclear de Kozloduy e com a EDF para duas unidades de 1.000 MW em

Políticas Públicas e Planos de Governo

Belene. Os acordos fazem referência a estudos preliminares de *design*, incluindo a integração de equipamentos existentes em um sistema moderno e abrangente. Uma vez concluídos os estudos preliminares de engenharia, os resultados seriam direcionados ao o parlamento subsequente que tomaria a decisão final.

Portanto, o primeiro trimestre de 2023 apresentou avanços importantes nas políticas nucleares europeias. O Reino Unido está trabalhando com bastante afinco por um programa fortemente financiado para enfrentar sua crise energética. Por outro lado, a França acelera seus processos administrativos para a construção de novos reatores e lidera a carga na produção de hidrogênio rosa. Países como Bélgica, Suécia e Bulgária também obtiveram esforços para expandir seu portfólio nuclear, seja em tempo de operação dos antigos reatores, seja na construção de novos.

Ásia

No primeiro trimestre de 2023, políticas públicas importantes relativas à energia nuclear na Ásia foram marcadas por diversos desenvolvimentos notáveis junto ao Japão, Rússia, Mianmar, Cazaquistão, Coreia do Sul, Turquia, Emirados Árabes Unidos e Índia. Sendo esses, atores centrais nesses processos em desenvolvimento conforme analisa o Quadro 4, a seguir.

Políticas Públicas e Planos de Governo

Quadro 4: **Principais iniciativas do setor nuclear asiático durante o 1º trimestre de 2023.**

Data	País/Região	Eventos
22/12/2022	Japão	Planos para reabertura de usinas nucleares desativadas e construção de novos reatores marcam uma reversão significativa das políticas energéticas tomadas a partir do desastre de Fukushima em 2011.
25/12/2022	Japão	O primeiro-ministro, Fumio Kishida propôs o fim da regra que determina o descomissionamento de usinas nucleares após 60 anos de vida útil, além de reiterar seu apoio à construção de reatores novos e mais modernos.
14/02/2023	Japão	Aprovação da Autoridade de Regulação Nuclear (NRA) de texto para extensão da operação das usinas nucleares para além dos 60 anos.
26/01/2023	Japão	Forças de Autodefesa japonesas passam a proteger usinas nucleares reativadas em respostas a possíveis ataques como têm ocorrido na Ucrânia.
07/02/2023	Rússia e Mianmar	Assinatura de um Acordo Intergovernamental sobre cooperação para usos pacíficos da energia nuclear, incluindo a formação de uma Força de Trabalho para construir e operar um SMR.

Fonte: Elaboração própria, a partir de IFE Nuclear (GESEL, 2023).

Políticas Públicas e Planos de Governo

Quadro 4 (continuação): **Principais iniciativas do setor nuclear asiático durante o 1º trimestre de 2023.**

Data	País/Região	Eventos
26/01/2023	Cazaquistão	Negociações em andamento entre o Ministério da Energia com a EDF, incluindo propostas para um novo reator modelo EPR-1200.
31/01/2023	Coreia do Sul e Turquia	Parceria internacional para a construção de quatro reatores modelo APR-1400 numa localização ainda não divulgada no norte da Turquia.
01/02/2023	Emirados Árabes Unidos (EAU)	Colaboração entre o governo dos EAU com a AIEA para replicação em outros países da estratégia tomada pelo país para mitigação de mudanças climáticas.
01/12/2022	EAU	Conexão do primeiro de quatro reatores nucleares desenhados pela Coreia do Sul no grid elétrico do país, sendo este, o primeiro reator nuclear no mundo árabe.
04/02/2023	França, Índia e EAU	Um novo processo de cooperação foi firmado no acordo trilateral para mitigar efeitos climáticos através da proteção da biodiversidade na região do Oceano Índico.

Fonte: Elaboração própria, a partir de IFE Nuclear (GESEL, 2023).

Políticas Públicas e Planos de Governo

Um dos países de destaque neste início de ano foi o Japão. Com intenções de reabrir usinas nucleares e construir novos reatores, o país marca uma reversão das medidas após o desastre nuclear de Fukushima em 2011. O primeiro-ministro do Japão, Fumio Kishida propôs encerrar a regra que determina o fechamento de usinas nucleares após 60 anos de uso para a construção de novas e mais modernas unidades de geração de energia nuclear. Embora o governo planeje apresentar a proposta na próxima sessão parlamentar são esperadas discussões com membros da sociedade civil antes da aprovação final do processo.

A partir disso, a Autoridade de Regulação Nuclear (NRA) aprovou um Projeto de Lei para estender a vida operacional dos reatores do país para além dos 60 anos, removendo assim, a regra que especifica os períodos de operação dos reatores. As regras japonesas limitam as extensões a uma única vez e num período de no máximo 20 anos, sujeitas a diversos requisitos de segurança nuclear.

Essa nova política de maximização da utilização de energia nuclear, com o governo adotando a extensão da operação de reatores nucleares existentes e substituindo as instalações antigas por novas e avançadas, aborda pontos críticos tanto no fornecimento energético, quanto nas metas de neutralidade de carbono. A descrição da energia nuclear como uma contribuinte significativa para segurança energética e descarbonização contribui para a reativação do setor nuclear do país, incluindo o desenvolvimento de SMRs.

Em vista dessa reativação nuclear, as forças de autodefesa do Japão possuem a tarefa de proteger as usinas nucleares reativadas. Esta revisão de política surge em resposta a possíveis ataques a esses locais, considerando os recentes incidentes nos quais a rede elétrica da Ucrânia

Políticas Públicas e Planos de Governo

se tornou alvo nas ofensivas russas. O governo planeja revisar a política operacional das forças de autodefesa — que atualmente respondem apenas a emergências — para realizarem exercícios nas cidades com a polícia e a Guarda Costeira onde as forças serão estacionadas em caso de ataques às usinas nucleares.

No tópico de cooperações internacionais, Rússia e Mianmar assinaram um Acordo Intergovernamental sobre cooperação no uso pacífico da energia nuclear, incluindo a formação de uma força de trabalho para construir e operar um SMR. O desenvolvimento espera utilizar a proeminência nuclear russa para beneficiar o setor energético, industrial e a economia de Mianmar.

No Cazaquistão, as negociações continuam com a empresa francesa EDF, junto a propostas para um novo reator modelo EPR-1200. O Ministro da Energia do país, Bolat Aksholakov, manteve discussões com Vakis Ramani, vice-presidente sênior da EDF para o desenvolvimento de novos projetos internacionais sobre cooperação bilateral e os possíveis desdobramentos do uso mútuo e pacífico da energia nuclear.

A Coreia do Sul e Turquia se associaram a fim de construir quatro reatores modelo APR-1400 em um local não divulgado no norte da Turquia. A proposta preliminar foi apresentada pelo CEO da KEPCO, Seung-il Jeong, ao Ministro da Energia e Recursos Naturais da Turquia, Fatih Dönmez.

Nos Emirados Árabes Unidos (EAU), a proposta de combater as mudanças climáticas com energia nuclear vem prosperando. Sua colaboração com a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) facilita a replicação dessa estratégica em outros países. Em 2007, após cuidadosa consideração, os EAU decidiram desenvolver um programa de

Políticas Públicas e Planos de Governo

energia nuclear civil. Oito anos após o início de sua construção em 2012, um reator projetado pela Coreia do Sul — o primeiro de uma série de quatro — foi conectado à rede do país. A nova usina, localizada em Barakah, a quase 300 km de Abu Dhabi, é a primeira usina nuclear no mundo árabe.

Além disso, um novo roteiro de cooperação nos setores de energia nuclear e solar foi selado entre França, Índia e Emirados Árabes Unidos. O acordo trilateral visa o combate às mudanças climáticas através da proteção da biodiversidade, principalmente, na região do Oceano Índico. Os governos planejam expandir sua cooperação através de iniciativas como a Aliança Mangrove para o Clima (MAC), liderada pelos EAU, e a Parceria dos Parques do Indo-Pacífico, liderada pela Índia e pela França. Os países organizarão eventos trilaterais no contexto da presidência da Índia no G20. Os EAU, por sua vez, serão sede da COP28 este ano.

Portanto, os principais temas relativos à energia nuclear na Ásia foram: (i) a reversão de políticas antinucleares; (ii) a extensão de vida operacional dos reatores nucleares; (iii) o aumento da defesa das instalações nucleares e; (iv) a cooperação internacional no uso pacífico da energia nuclear. Diversos desses indicadores podem ser estendidos para observação da situação nuclear global.

As tensões geopolíticas, aliadas aos compromissos globais junto às metas de carbono, estimulam a reconsideração do papel da energia nuclear nas matrizes energéticas nacionais. Diversos governos reconhecem a energia nuclear como fonte estável e limpa, podendo contribuir com a segurança energética, o desenvolvimento econômico e a mitigação de efeitos climáticos.

Políticas Públicas e Planos de Governo

Iniciativas em destaque

O primeiro trimestre de 2023 trouxe mudanças expressivas na abordagem da União Europeia (UE) em relação às metas ambientais, especificamente, em relação ao papel da energia nuclear na descarbonização. Apesar da defesa de diversos países-membros, liderados pela França, pela inclusão da energia nuclear como fonte de energia limpa e crucial nas metas de descarbonização, a UE decidiu excluir a energia nuclear de suas metas e focar em energias renováveis.

Após intensas negociações, em 30 de março, a UE estabeleceu que todos os países-membros devem gerar pelo menos 42,5% de sua energia a partir de fontes renováveis até 2030. Essa meta aparece como aumento substancial em relação à anterior de 32%. A exclusão da energia nuclear ocorreu como resultado da classificação da energia nuclear.

A França, que possui uma das maiores parcelas de eletricidade em sua matriz energética, caminhava em defesa ativa da inclusão desta fonte nas metas de descarbonização, destacando suas características como energia não emissora de gases de efeito estufa. No entanto, países como Alemanha e Áustria argumentam que a inclusão da energia nuclear na contagem de energia limpa impacta, negativamente, o desenvolvimento de outras fontes de energia renovável como a eólica e solar. O contraste desse último grupo de países é a característica renovável das fontes eólica e solar, enquanto a energia nuclear é derivada de recursos finitos de urânio, necessitando de armazenamento posterior.

Políticas Públicas e Planos de Governo

Iniciativas em destaque

Após o acordo da UE, a energia nuclear passou a ser classificada como energia de baixo carbono, reconhecendo seu papel na mitigação das emissões de gases de efeito estufa sem contribuir para a recém-estabelecida meta de 42,5% de renováveis.

Essa decisão reflete o atual debate sobre o papel da energia nuclear, oferecendo ao mesmo tempo, uma energia limpa com preocupações sobre resíduos, segurança e natureza não renovável do combustível de urânio. A exclusão da energia nuclear nas metas da UE significa uma divergência notável na política energética em comparação com diversos países na Ásia, notadamente, China, Japão, Coreia do Sul e outros que envolvem a energia nuclear como parte de suas estratégias de descarbonização.

Esse desenvolvimento marca a importância de monitorar e analisar de perto a evolução do panorama das políticas energéticas globais e suas implicações para o setor de energia nuclear. À medida que os países se esforçam para equilibrar sua segurança energética com compromissos de sustentabilidade ambiental, o papel da energia nuclear continua sendo tópico de extenso debate e deliberação política.

Dinâmica Internacional

Austrália: Novo projeto amplia tensões geopolíticas

O recente anúncio de cooperação entre os Estados Unidos, Reino Unido e Austrália para o desenvolvimento de submarinos nucleares teve repercussões controversas no continente asiático. Trata-se de um novo desdobramento da parceria de segurança trilateral entre os países denominada AUKUS (Australia United Kingdom - United States). Este desdobramento ampliou a coordenação militar entre os países e anunciou processos de transferência tecnológica. Em março, a Flinders University, da Austrália do Sul, assinou acordos com universidades americanas e britânicas que permitirão o desenvolvimento de habilidades necessárias para construir submarinos nucleares. Serão oferecidos cursos de graduação e pós-graduação para estudantes da Austrália do Sul, além da promoção de pesquisas colaborativas, seminários e eventos.

Figura 1: chefes de Estado da Austrália (Anthony Albanese), Estados Unidos (Joe Biden) e Reino Unido (Rishi Sunak) em reunião da AUKUS na Califórnia

Fonte: Tayfun Coskun/Anadolu Agency via Getty Images.

Dinâmica Internacional

O primeiro-ministro australiano, Anthony Balbase, juntamente com o primeiro-ministro britânico, Rishi Sunak e o presidente americano, Joe Biden, anunciaram uma nova fase do projeto conjunto de articulação militar que culminará na frota de submarinos nucleares SSN-AUKUS. Os submarinos deverão ser construídos pelo Reino Unido e Austrália e gerarão cerca de 5.500 empregos quando o programa atingir seu ápice.

A cooperação para construção de submarinos nucleares na Austrália gerou tensões no continente asiático. O Ministério das Relações Exteriores da China, afirmou, no final de março, que a iniciativa poderia desencadear em uma corrida armamentista. Tan Kefei, porta-voz do Ministério da Defesa do país, afirmou que a cooperação trilateral reflete uma "mentalidade da Guerra Fria inútil e extremamente prejudicial" e reiterou que a iniciativa promove riscos para o equilíbrio estratégico regional. A colaboração é percebida por alguns países orientais como uma movimentação no contexto da escalada de tensões entre Taiwan e a China.

Irã: Novos entraves para o restabelecimento de acordo nuclear

Em janeiro deste ano, o primeiro-ministro israelense, Benjamin Netanyahu, manifestou veemente oposição ao retorno de um acordo nuclear com o Irã. A abordagem do atual governo sinaliza mudanças profundas em relação às abordagens do governo anterior assumindo tons menos cautelosos e mais combativos. "Agiremos poderosa e abertamente em nível internacional contra o retorno ao acordo nuclear, não apenas em conversas com líderes a portas fechadas, mas também poderosa e abertamente na arena da opinião pública global", disse Netanyahu em uma reunião de gabinete. Israel teme que o acordo nuclear, anteriormente em

vigência, fornecesse uma rota para o desenvolvimento de arsenal nuclear no Irã, fator que poderia ampliar o isolamento israelense na região e promover graves ameaças à segurança nacional do país.

Menos de duas semanas antes da declaração do primeiro-ministro israelense, o portal Reuters, publicou uma análise que apontava, mesmo com grandes obstáculos, a recusa de Washington a fechar as portas para a negociação diplomática com o Irã. A agitação de movimentos políticos internos e reprimenda de protestos populares no território iraniano reforçaram divergências entre os dois países. A oposição aberta de Israel, um ator geopolítico de peso para o Ocidente, representa novos entraves no restabelecimento de um acordo nuclear como o que esteve em vigência até 2018 com o Irã.

Adicionalmente, a Agência Internacional de Energia Atômica criticou o Irã em fevereiro por modificações não declaradas em instalações de enriquecimento de urânio. Após uma inspeção na Planta de Enriquecimento de Combustível Fordow (FFEP), a agência teria identificado uma modificação na interconexão entre dois grupos de máquinas com capacidade de enriquecer urânio em até 60% de pureza, ou seja, próximo ao grau de armas. Rafael Grossi, diretor-chefe da Agência Internacional de Energia Atômica, afirmou que "está preocupado que o Irã tenha implementado uma mudança substancial nas informações de projeto do FFEP em relação à produção de urânio altamente enriquecido sem informar a Agência com antecedência".

Em resposta ao ocorrido, a França, Alemanha, Reino Unido e Estados Unidos manifestaram-se publicamente, solicitando ao Irã o cumprimento de suas obrigações junto às salvaguardas internacionais para o uso pacífico de tecnologias nucleares. Há, contudo, zonas de influência geopolítica que apoiam o Irã e pedem pela revogação das sanções atuais contra o país. Pouco mais de uma

semana após a declaração conjunta dos quatro países ocidentais, o presidente chinês, Xi Jinping somou forças com o presidente Ebrahim Raisi para pedir pela suspensão das sanções contra o Irã. A declaração dos líderes pleiteava a retomada do acordo nuclear de 2015 com o Irã. O presidente chinês aceitou, ainda, um convite de Raisi para visitar o Irã, onde esteve pela última vez em 2016.

Ainda em fevereiro, ocorreu a maior controvérsia deste ano a respeito do programa nuclear iraniano: a AIEA afirmou ter encontrado, em suas vistorias no país, partículas de urânio enriquecido a 83,7% de pureza, muito próximo ao ponto de armas. A reação dos estados-membros não foi imediata: os países se abstiveram de comentar o caso na primeira reunião da AIEA. Contudo, no começo de março, os Estados Unidos e as principais potências europeias manifestaram preocupação e cobraram explicações sobre o ocorrido. O Irã negou que esteja enriquecendo urânio a 84% de pureza e Behrouz Kamalvandi, porta-voz da Organização de Energia Atômica do Irã, argumentou que a existência de partículas acima de 60% de enriquecimento em uma amostra não significa que esteja ocorrendo produção com enriquecimento acima desses níveis. Kamalvandi considerou o relatório da AIEA "calunioso" e reiterou que os fatos apresentados estavam distorcidos.

Fique de olho!

Coreia do Sul: solicitação de vigilância da ONU e exercícios simulados de ataque norte-coreano

Os Estados Unidos reforçaram a proteção para a Coreia do Sul em caso de ameaças nucleares da Coreia do Norte. Em janeiro, os dois países anunciaram planos de exercícios militares contra possíveis ataques nucleares norte-coreanos. Uma autoridade dos Estados Unidos reportou ao Nikkei Asia, a crescente preocupação com as declarações norte-coreanas que estariam caminhando no sentido do acirramento das tensões geopolíticas na região. O presidente da Coreia do Sul, Yoon Suk-yeol, havia solicitado no final do ano passado, junto à AIEA, a intensificação do monitoramento do programa nuclear da Coreia do Norte.

Dinâmica Internacional

Iniciativas em destaque

Ucrânia: Prolongamento do conflito indica riscos aumentados para Zaporizhzhia

No dia 24 de fevereiro, o conflito entre Ucrânia e Rússia completou um ano. Ao longo desse período, para além dos receios relacionados à escalada do conflito para uso de arsenais nucleares, as instalações de energia nuclear no país têm sido fonte de fortes preocupações entre os países do mundo. O ano de 2022 foi marcado por sucessivos bombardeios e invasões na região de Zaporzhzhia e a maior usina nuclear da Europa, localizada na região, passou por numerosas interrupções no fornecimento de energia. O próprio controle da usina foi redefinido no último trimestre e agora, a Rússia reclama para si a propriedade das instalações.

Enquanto o conflito na região continua, especialistas da AIEA estão permanentemente estacionados nas usinas nucleares da Ucrânia e em Chernobyl, fornecendo assistência técnica contínua. Desde o início da guerra, o diretor-geral da agência, Rafael Grossi, visitou algumas vezes a região, onde ainda há reatores em operação. As tentativas de criar uma zona de proteção no entorno da Usina de Zaporizhzhia não tiveram êxito até o momento.

Dinâmica Internacional

Iniciativas em destaque

Desde o início do primeiro trimestre, relatos de explosões nas proximidades são diários, sugerindo intensa atividade militar nos arredores.

A partir de fevereiro, autoridades estão reforçando a deterioração da situação na usina de Zaporizhzhia causada, principalmente, por questões de pessoal. A mudança de controle da usina no ano passado intensificou a pressão sobre a equipe ucraniana na usina. Manutenções e procedimentos considerados pouco urgentes no curto prazo, mas essenciais a médio e longo prazo, estão sendo deixadas de lado desde o início do conflito. Desse modo, as chances de um acidente na usina causado por falhas humanas ou por falta de manutenção são cada vez maiores.

Em março, as negociações mediadas pela AIEA perderam força, conforme o impasse se coloca, cada vez mais, em evidência. O ministro de Energia da Ucrânia condicionou qualquer avanço diplomático com a Rússia à desmilitarização da usina, além da saída de funcionários da estatal russa, Rosatom, do local e da garantia de trabalho da equipe ucraniana. No final do trimestre, a atividade militar cresceu significativamente em torno da região, segundo a AIEA.

No Parlamento Europeu, as discussões acerca do estabelecimento de sanções contra a Rússia têm incluído o

Iniciativas em destaque

setor nuclear. Os líderes da União Europeia estão sendo pressionados a estender as sanções de modo a incluir a Rosatom e o setor de energia nuclear russo. O embargo à importação de combustível nuclear russo também é uma das pautas pleiteadas como resposta às ofensivas do país. Contudo, é necessária a unanimidade do bloco europeu para que a sansão seja aprovada. Ademais, parte dos seus membros, como a Hungria, se opõem ao abandono abrupto das relações comerciais com a Rússia. Mesmo para países que encabeçam a defesa do apoio à Ucrânia é difícil estabelecer barreiras comerciais com a Rússia sem impactar, severamente, seus setores nucleares. Por isso, em fevereiro a Comissão Europeia rejeitou a inclusão do segmento nuclear nas sanções.

Embora as dificuldades de afastamento da Rússia em energia nuclear persistam no curto prazo, países do Ocidente têm promovido a articulação de seus setores de energia nuclear de modo a superar essa barreira no futuro. Durante reunião no final de fevereiro, ministros e representantes de 11 estados-membros reuniram-se com a Comissão Europeia para reafirmar o fortalecimento da cooperação em energia nuclear. Entre os objetivos propostos figuram a promoção de pesquisa e divulgação de informações técnicas, uniformização de padrões de segurança e fortalecimento da cooperação industrial.

Inovação Tecnológica

No decorrer do primeiro trimestre de 2023, a tecnologia dos reatores nucleares de pequeno porte, comumente denominados SMRs, continuou a receber atenção, seja por meio de políticas e movimentos governamentais oriundos da América do Norte, seja pela alocação de estratégias por parte de empresas privadas para o desenvolvimento e comercialização de SMRs em diferentes localidades ao redor do mundo. Com o objetivo de analisar essa tendência, os Quadros Y e Z fornecem um levantamento de iniciativas públicas e privadas relacionadas aos SMRs.

Quadro 5: **Principais iniciativas de agentes públicos e agências internacionais envolvendo SMRs durante o 1º trimestre de 2023.**

País	Descrição
Canadá	A CNSC e o ONR, escritório do Reino Unido, assinaram os Termos de Referência para um Memorando de Cooperação que visa o intercâmbio de experiências em SMRs.
	Reguladores nucleares canadenses e poloneses assinaram um memorando de cooperação sobre desenvolvimento de SMRs, particularmente, o BWRX-300.
	Lançamento de um programa para apoiar o desenvolvimento comercial de SMRs.
EUA	Governador da Virgínia assina projetos de lei, a HB 2386 e a SB para apoiar os SMRs.
	O NPPD do Nebraska iniciou o processo para identificar locais com potencial para hospedar SMR após receber financiamento alocado pelo estado.

Fonte: Elaboração própria, a partir de IFE Nuclear (GESEL, 2023).

Inovação Tecnológica

Quadro 6: **Principais iniciativas de agentes privados envolvendo SMRs durante o 1º trimestre de 2023.**

Empresa	Descrição
ARC e Alberta	Assinatura de um Memorando de Entendimento (MoU) para apoiar a comercialização da tecnologia do SMR ARC-100 na província.
GE Hitachi	A BWXT contratou a empresa para fornecer análise de engenharia, suporte de projeto, fabricação e preparações de aquisição para o vaso de pressão do SMR BWRX-300.
	Apresentação de um pedido de entrada de Avaliação de Projeto Genérico (GDA) para seu SMR BWRX-300 ao BEIS do Reino Unido.
	Aliança com a OPG, a SNC e a Aecon pretende construir SMR operacional em rede na América do Norte.
	A Fermi Energia selecionou o SMR BWRX-300 da GE Hitachi Nuclear Energy (GEH) para potencial implantação na Estônia.
EDF e Respect Energy	Assinatura de um acordo para cooperar no desenvolvimento da tecnologia do SMR Nuward francesa na Polônia.
NuScale	Conclusão do projeto de planta padrão da usina nuclear VOYGR, que abrigará um SMR.
	O SMR.N foi certificado e aprovado pelo regulador de energia nuclear dos EUA.
X-Energy e Paragon Energy Solutions	Conclusão do protótipo do sistema de segurança para SMR Xe-100 da X-energy.
Industria e Rolls-Royce	Assinatura de um Memorando de Intenções para colaborar na implantação de SMRs na Polônia.

Fonte: Elaboração própria, a partir de IFE Nuclear (GESEL, 2023).

Inovação Tecnológica

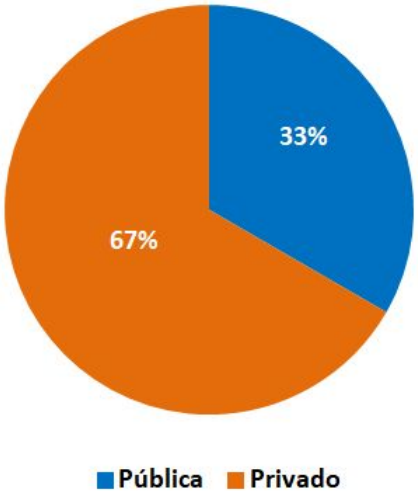
Com base na análise do Quadro Y em relação ao papel dos governos frente aos SMRs, a primeira tendência destacada é a implementação de programas e projetos de lei direcionados a essa tecnologia. Nesse contexto, são evidenciados exemplos proeminentes na América do Norte, nos quais se verifica o respaldo governamental e políticas voltadas ao desenvolvimento de SMRs, como o lançamento de programas de fomento pelo governo canadense para o avanço comercial desses sistemas e a aprovação de projetos de lei pelo governador da Virgínia, nos Estados Unidos (EUA), com o objetivo de apoiar o desenvolvimento dos SMRs. Além disso, a cooperação entre as agências reguladoras de diferentes países para a adoção de normas internacionais e aprimoramento da segurança em relação aos SMRs é ressaltada.

Por sua vez, o Quadro Z evidencia a criação de projetos específicos relacionados à fabricação e distribuição de componentes e equipamentos para SMRs provenientes do setor privado, como o acordo assinado pela BWX Technologies para a fabricação de vasos de reatores para o reator BWRX-300 e a apresentação de projetos pela GE Hitachi e Holtec para a construção de SMRs no Reino Unido. Além disso, a seleção de reatores específicos para iniciativas energéticas tem avançado, como a escolha pela Fermi Energia do reator BWRX-300 para a primeira usina nuclear da Estônia e a seleção do Rolls-Royce SMR pela Indústria para um projeto de hidrogênio verde na Polônia.

Ao analisar os dois Quadros em conjunto foi elaborado o gráfico X que oferece uma comparação entre o número de iniciativas privadas e públicas. Observa-se, portanto, que não houve uma mudança profunda nessa proporção entre o último trimestre de 2022 e o primeiro trimestre de 2023, indicando que, nesse momento, a participação das estratégias privadas tende a ser maior do que as públicas. Nesse caso, as empresas são responsáveis pelos investimentos na construção dos reatores em si e dos equipamentos para sua operação.

Inovação Tecnológica

Gráfico 1: **Porcentagem de investimentos públicos e privados voltados à tecnologia dos SMRs durante 1º trimestre de 2023.**



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

Por fim, é possível constatar o progresso de viabilidade em relação aos SMRs em diversos países, incluindo os Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Polônia e Estônia. Essas iniciativas contam com o respaldo tanto do setor público quanto do privado, recebendo múltiplos investimentos e incentivos que contribuem para a disseminação dos SMRs e o aprimoramento de suas técnicas disponíveis.

Inovação Tecnológica

Iniciativas em destaque

Data centers podem ser abastecidos por SMRs

Os grandes *data centers* têm a possibilidade de empregar energia dos Pequenos Reatores Nucleares (SMRs) para suprir suas necessidades energéticas. Nesse sentido, algumas empresas estão investigando essa viabilidade. Ademais, existem projetos em curso, como o desenvolvido pela empresa norte-americana Oklo que trabalha um reator nuclear capaz de fornecer energia para *data centers* e outras instalações comerciais. Essa iniciativa visa beneficiar a segurança energética, a eficiência financeira e a mitigação das emissões de gases de efeito estufa.

Quadro 7: **Principais iniciativas voltadas para outras tecnologias nucleares durante o 1º trimestre de 2023.**

Tecnologia	Responsável	Descrição
Usinas flutuantes	Rússia	Investimento do Estaleiro Báltico possibilita a construção de novas usinas nucleares flutuantes no país.
Inovação na Agricultura	Azerbaijão	Utilização da tecnologia nuclear na agricultura através de projeto apoiado pela AIEA em parceria com a FAO.
Possibilidade de produção de hidrogênio	EUA	A Usina de Nine Mile Point de Nova York começa a fornecer hidrogênio.

Fonte: Elaboração própria, a partir de IFE Nuclear (GESEL, 2023).

Inovação Tecnológica

Quadro 7 (continuação): **Principais iniciativas voltadas para outras tecnologias nucleares durante o 1º trimestre de 2023.**

Tecnologia	Responsável	Descrição
Quebra-gelos	Baltic Shipyard e Atomflot	Assinatura de contrato para mais dois quebra-gelos movidos a energia nuclear como parte do Projeto 22220 da Rússia.
Fusão nuclear	UKAEA e a Universidade de Sheffield	Parceria para impulsionar o desenvolvimento da tecnologia de fusão e a futura indústria de fusão do Reino Unido.
	Reino Unido	A UKAEA e a First Light Fusion assinaram um acordo para projeto e construção de um reator de fusão.
Inovação no método de enriquecimento de urânio	Okapi	Investimento em tecnologia de enriquecimento de urânio baseada na separação química de isótopos naturais.

Fonte: Elaboração própria, a partir de IFE Nuclear (GESEL, 2023).

A partir da análise do quadro acima, observa-se duas tendências em evidência: o desenvolvimento da fusão nuclear e a aplicação da tecnologia nuclear para fins marítimos. No primeiro caso, mostra-se que a colaboração entre agentes reguladores, universidades e empresas privadas são essenciais para geração de esforços em pesquisa e desenvolvimento (P&D) na área nuclear, bem como para o avanço da tecnologia e do conhecimento científico.

Inovação Tecnológica

Exemplo disso é a colaboração entre UKAEA e University of Sheffield que abordará os desafios fundamentais de engenharia na qualificação de componentes, montagens e sistemas fabricados para uso em futuras usinas de energia de fusão.

No segundo caso, observa-se o impulso dado à fabricação de reatores nucleares marítimos russos e à construção de quebra-gelos para navegação no Ártico. Esses desenvolvimentos evidenciam o crescente reconhecimento da tecnologia nuclear na indústria naval com foco em aplicações marítimas. Dessa forma, constata-se que as inovações tecnológicas nucleares estão permitindo o setor de energia vá além e alcance outros setores, causando melhorias no campo da saúde, agricultura e indústria naval. Isso demonstra a ampliação do escopo da tecnologia nuclear e suas contribuições em diversos segmentos, além da melhoria da própria cadeia de energia.

Fique de olho!

Energia Nuclear e Meio Ambiente

O Saif Uddin, do Kuwait Institute for Scientific Research (KISR) se associou ao instituto AIEA para estudar, usando técnicas nucleares, os efeitos das emissões de gases de efeito estufa e das mudanças climáticas, como a acidificação dos oceanos e o aquecimento das águas, na vida marinha. “Estudar a maneira como certos isótopos são absorvidos em animais pode nos dar respostas e ajudar as autoridades a planejar melhor como lidar com possíveis problemas”. Com o apoio da AIEA, o KISR está desenvolvendo metodologias e técnicas para realizar experimentos com isótopos de cobre, mercúrio e polônio. Esses metais são de interesse público, pois podem causar sérios efeitos à saúde quando se acumulam em altas concentrações no meio ambiente e nos animais marinhos.

Empresas

A contribuição de empresas privadas na dinâmica do setor nuclear tem crescido muito e assim, esta tecnologia adquiri relevância crescente no âmbito global. Nesse sentido, para analisar as movimentações empresariais no primeiro trimestre de 2023, o Quadro X apresenta os principais projetos e decisões relativas à indústria nuclear no âmbito nacional e internacional.

Quadro 8: **Iniciativas empresariais relacionadas à energia nuclear voltadas a temáticas nucleares durante o 1º trimestre de 2023.**

Empresa	Descrição
ENBPar	Parecer considera a empresa como sucessora da Eletrobrás em questões jurídicas e trabalhistas.
Nuclep	Atuação em parte das obras do Laboratório de Geração de Energia NucleoElétrica (LABGENE).
CEZ	Investimentos na modernização de usinas nucleares na República Tcheca para permitir suas operações a longo prazo.
Kepco e KHNP	Em reunião do Ministério do Comércio, Indústria e Energia da Coreia do Sul (MOTIE), as empresas revisaram suas conquistas na área de exportação nuclear em 2022.
	Conversa com a Westinghouse sobre a possibilidade de compartilhar os lucros das exportações de reatores nucleares sul-coreanos.
Bruce Power	Conclusão da maior parte da fase de construção da interrupção de substituição de componentes principais (MCR) na unidade 6 da usina nuclear Bruce.

Fonte: Elaboração própria, a partir de IFE Nuclear (GESEL, 2023).

Empresas

Quadro 8 (continuação): **Iniciativas empresariais relacionadas à energia nuclear voltadas a temáticas nucleares durante o 1º trimestre de 2023.**

Empresa	Descrição
OPG	Preparação para o começo da reforma em seu terceiro reator, pretendendo concluir esta reforma em todos seus quatro reatores até 2026.
Energoatom	Realização de reunião *online* com a Urenco sobre a possibilidade de aumentar o fornecimento de urânio enriquecido à Westinghouse para a produção de combustível nuclear destinado às suas usinas em 2024 e 2025.
	A empresa estatal e a Comeco concordaram com os termos comerciais de um contrato de fornecimento de urânio natural destinado à produção de combustível nuclear para a Ucrânia até 2035.
Flowserve	Aquisição da Valen, empresa estratégica para programa de submarinos franceses.
Rosatom	Vencimento da licitação da Eletronuclear para fornecimento de mais de 100 quilos de hidróxido de lítio-7 para usinas de Angra I e Angra II.
	Entrega de combustível nuclear para as centrais chinesas.
Slovenské Elektrárne	Conexão da terceira unidade da usina nuclear de Mochovce à rede elétrica eslovaca pela primeira vez.
Westinghouse	Novo contrato de fornecimento de combustível para central búlgara Kozloduy.
	Formalização de acordo de cooperação para a fabricação do combustível VVER-440 com a Enusa.
ZE PAK e PGE	Assinatura de um acordo preliminar sobre a criação de um veículo de propósito específico (SPV) para a construção de uma usina nuclear em Pątnów, no centro da Polônia.

Fonte: Elaboração própria, a partir de IFE Nuclear (GESEL, 2023).

Empresas

Ao analisar o Quadro 8, pode-se constatar a semelhança entre as estratégias empresariais adotadas em diferentes continentes, especificamente, em relação aos projetos de construção e modernização de usinas energéticas em diversos países, como Polônia, Canadá, República Tcheca e Eslováquia. Nesse contexto, em vista da tendência observada na Europa e América do Norte é importante destacar as iniciativas incorporadas nas usinas energéticas com o objetivo de prolongar sua vida útil. Tais projetos tornam-se fundamentais em razão do longo período necessário para construir novas usinas, tornando-se, portanto, investimentos de longo prazo.

Ademais, tem-se observado uma tendência na colaboração entre empresas de diferentes países com o intuito de suprir as demandas por urânio bruto, combustível nuclear e enriquecimento de urânio, como pode ser constatado por meio das notícias sobre as parcerias estabelecidas entre ENUSA e Westinghouse, bem como as notícias entre Energoatom e outras duas empresas, a Urenco e a Comeco. Nesse contexto, as alianças estabelecidas pela Energoatom contribuem para reforçar a busca pela independência energética por parte da Ucrânia, considerando o contexto de conflito armado que o país enfrenta. Tais parcerias estratégicas são capazes de assegurar o suprimento contínuo de matérias-primas cruciais para a produção de energia nuclear, além de estimular a inovação do setor.

Empresas

Iniciativas em destaque

Nuclep: Declaração sobre estratégias ligadas a construção do submarino nuclear brasileiro e da usina nuclear Angra 3

O contra-almirante Carlos Henrique Seixas, presidente da Nuclep, concedeu entrevista, na qual afirma o envolvimento da companhia nas obras do Laboratório de Geração de Energia NucleoElétrica (LABGENE), protótipo em tamanho real do submarino nuclear brasileiro. Além disso, a Nuclep é responsável pela construção do Bloco 40, seção que abrigará o reator do LABGENE, e pela construção da Seção de Qualificação do submarino. No contexto do setor nuclear do Brasil, Seixas detalhou as estratégias que a Nuclep vem adotando para buscar novos negócios no segmento de transmissão de energia e mencionou as perspectivas de assinatura de novos contratos para fornecimento do pacote de trocadores para a usina nuclear de Angra 3.

Westinghouse, KHNP e Kepco: Litígio sobre venda de reatores APR-1400 para a Polônia

A Korea Hydro & Nuclear Power (KHNP) e a controladora Korea Electric Power Corp (Kepco) estão em negociações com a Westinghouse Electric Company para dividir os lucros das exportações de reatores nucleares sul-coreanos, após litígio decorrente da competição por contrato de construção na Polônia. A Westinghouse moveu um processo contra a KHNP e a Kepco nos EUA, alegando que a propriedade intelectual licenciada pela Westinghouse era utilizada sem autorização no projeto do reator APR1400. Além disso, em uma ação separada, a empresa instou o governo sul-coreano a elaborar medidas para lidar com essas questões. No entanto, a KHNP disse que adquiriu competência no projeto, produção e construção de usinas nucleares para, finalmente, desenvolver sua própria tecnologia independente.

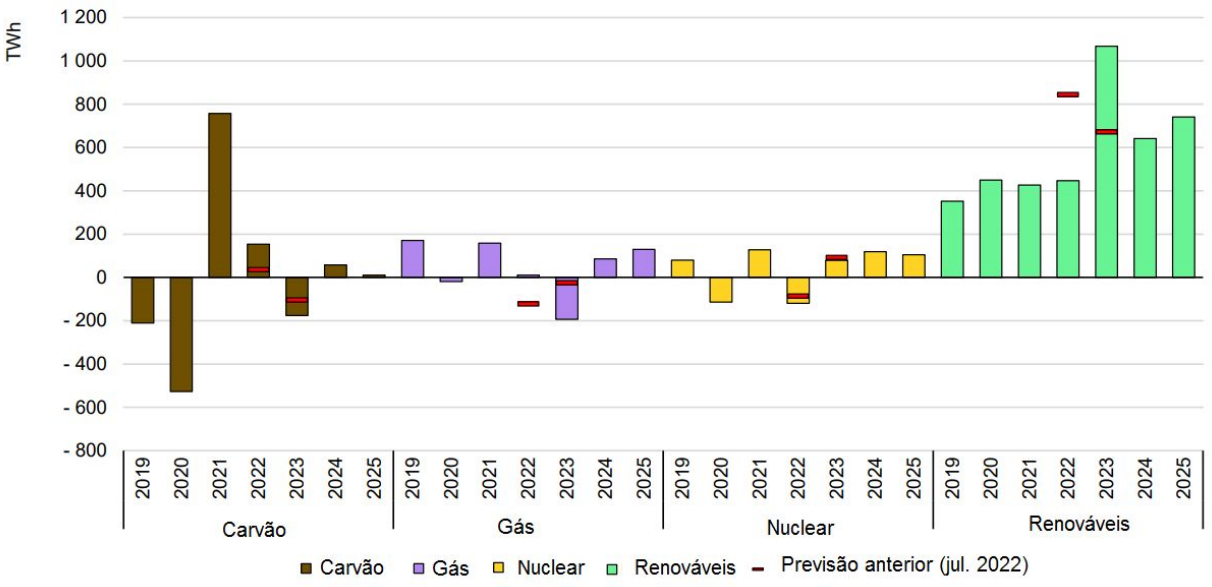
Estudos em destaque

McKinsey e IEA: Energia nuclear tem papel fundamental no cumprimento de metas climáticas

Embora os desafios para ampliação do uso da energia nuclear persistam, seu papel nos esforços da descarbonização e zeragem de emissões líquidas se mostra indispensável. Segundo o relatório "Perspectiva Global de Energia 2022", elaborado pela consultora McKinsey, a substituição de combustíveis fósseis na geração de eletricidade de baixa emissão pode demandar de 400 GW a 800 GW de energia nuclear nova até 2050. A futura demanda global de eletricidade teria, desse modo, de 10% a 20% do seu total suprido pela geração de energia nuclear. O relatório apresenta esses valores em estimativa às potenciais restrições das renováveis intermitentes, como escassez de terra e limitações de transmissão.

A Agência Internacional de Energia publicou este ano uma análise do papel da energia nuclear nos próximos anos. O relatório, intitulado "Relatório do Mercado de Energia 2023", analisou as recentes políticas, tendências e desenvolvimentos do mercado de energia. O documento inclui previsões até 2025 para demanda e fornecimento de energia, além de apontar que nos próximos dois anos, mais da metade do crescimento em geração de energia nuclear do mundo virá de quatro países: China, Japão, Coreia do Sul e Índia.

***Gráfico 2:* variação anual na geração de eletricidade por fonte 2019—2023**



Fonte: IEA (2023).

Estudos em destaque

As estimativas de variação no uso de diferentes fontes apontam, como esperado, considerável aumento no uso de fontes renováveis, única classe cuja geração de eletricidade cresce em todos os anos do período analisado. Embora mantenha patamares mais modestos, os caminhos de descarbonização adotam como pressuposto adicional, o aumento na adoção da geração de eletricidade por energia nuclear que deve variar, positivamente, neste e nos próximos dois anos. Espera-se que os resultados positivos para os próximos anos sejam, parcialmente, influenciados por uma recuperação na geração nuclear francesa, conforme mais usinas concluem suas manutenções programadas e o setor asiático se expanda.

Reino Unido: Investimentos em novas usinas nucleares representam alternativa

Acompanhando a busca por relatórios que estimem cenários para a zeragem de emissões líquidas, o Departamento de Negócios, Energia e Estratégia Industrial do Reino Unido publicou o relatório "Mission Zero". O documento indica objetivos para auxiliar o país a atingir as metas de mitigação de emissões e estabelece para o setor de energia nuclear a necessidade de uma "abordagem programática para a próxima geração de frotas nucleares, apoiando uma indústria britânica de alta tecnologia que cubra toda a cadeia de suprimentos".

Entre os objetivos específicos listados pelo relatório para fortalecer sua indústria nuclear encontram-se:

i) Agilizar a implementação do Great British Nuclear. Trata-se de um programa anunciado para 2023 com o objetivo de utilizar energia como parte dos planos de obter 95% de eletricidade de baixo carbono na matriz do Reino Unido;

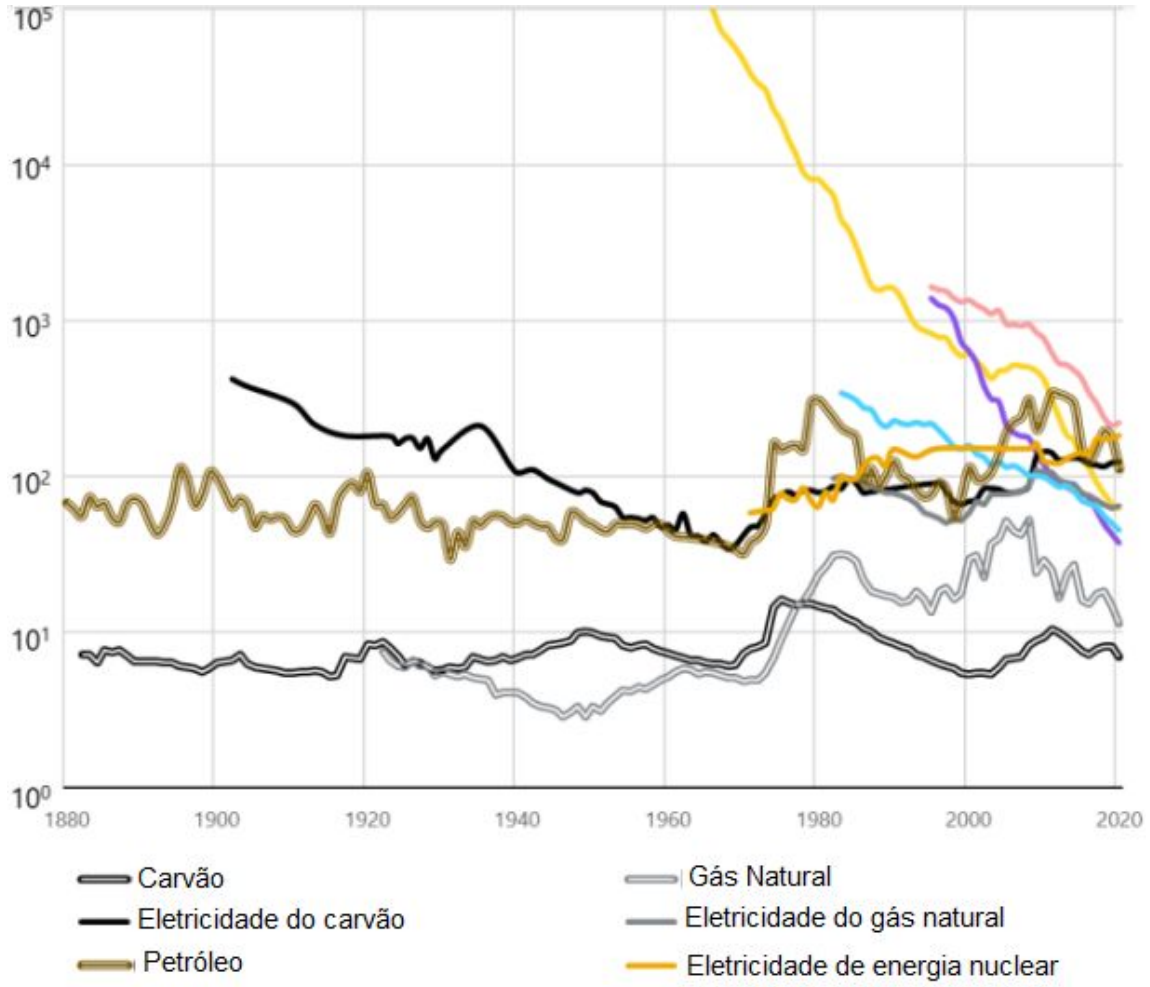
ii) Definir o roteiro para 2023 para as decisões finais relacionadas a investimentos no próximo Parlamento;

iii) Estabelecer um roteiro claro para as diferentes tecnologias nucleares (incluindo SMRs);

iv) Entrega de uma estratégia de escolha de locais para instalações até 2024.

Estudos em destaque

***Gráfico 3*: custos históricos de diferentes tecnologias (em $2,000/MWh)**



O estudo ressalta o encaminhamento das evidências disponíveis para uma grande redução no custo da eletricidade obtida a partir dos reatores nucleares desde o início de sua utilização em escala comercial. A fonte ainda é, contudo, comparativamente, mais cara, e espera-se com isso, que as tecnologias caminhem na direção de maior competitividade econômica e financeira.

Estudos em destaque

Espanha: Centrais nucleares são vitais para o país

O debate público na Espanha acompanhou em 2023 o renovado movimento incorporado ao nível global para a energia nuclear. A Sociedade Nuclear Espanhola (Sociedad Nuclear Española, SNE) publicou um manifesto com dez itens apresentando os motivos da energia nuclear ser fundamental para o país. Os motivos são sintetizados a seguir:

10 razões para entender a necessidade da energia nuclear para a Espanha:

1. É prevista uma duplicação da demanda energética na UE até 2050;
2. Uma só fonte de energia não cobrirá as necessidades do país, sendo necessária a diversificação da matriz energética sustentável no futuro;
3. A dependência dos combustíveis fósseis tem sido, cada vez mais, insustentável;
4. As previsões atuais de aumento de emissões dificultam o cumprimento do Acordo de Paris;
5. A Comissão Europeia classificou a energia nuclear como fonte sustentável;
6. A energia nuclear contribui com 50% da geração de baixo carbono do bloco europeu;
7. As centrais nucleares espanholas operam de forma segura, confiável e eficiente;
8. A indústria nuclear na Espanha é uma fonte de empregos qualificados;
9. A energia nuclear tem contribuído com mais de 20% da eletricidade consumida no país;
10. É tecnicamente impossível cumprir as metas do Plano Nacional Integrado de Energia e Clima 2021—2030 (PNIEC) caso as centrais nucleares espanholas sejam desligadas;

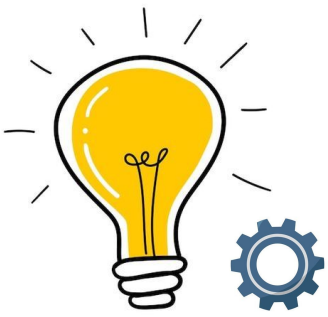
Os motivos incorporam as principais considerações realizadas pelos países europeus ao longo dos últimos anos. Desde a necessidade do cumprimento das metas climáticas — que vêm se provando, cada vez mais, improváveis sem o uso da energia nuclear em complementaridade às fontes renováveis, passando pela "marcha forçada da transição energética" imposta pelo conflito na Ucrânia até as razões econômicas e financeiras —, as fontes nucleares se mostram uma peça-chave na diversificação da matriz europeia.

Considerações Finais

Um dos principais marcos do setor nuclear brasileiro do primeiro trimestre de 2023 foi a criação de uma Frente Parlamentar no Congresso Nacional para estimular políticas públicas para o desenvolvimento de tecnologias e atividades nucleares. Em termos de geração de energia, a principal pauta da Frente será a viabilidade de usinas e outras instalações em termos econômicos e técnicos. No panorama internacional, um dos países de destaque neste início de ano foi o Japão. Com intenções de reabrir usinas nucleares e construir novos reatores, o país marca uma reversão das medidas após o desastre nuclear de Fukushima em 2011.

Mais uma vez, destacaram-se nesse período algumas tecnologias disruptivas cujo desenvolvimento tem sido buscado em iniciativas públicas e privadas. A principal delas, sem dúvidas, foram os pequenos reatores modulares (SMRs).

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

CNSC, CANADIAN NUCLEAR SAFETY COMMISSION. **Memorandum of Cooperation on Advanced Reactor and Small Modular Reactor Technologies Between the President of the National Atomic Energy Agency of the Republic of Poland and the Canadian Nuclear Safety Commission**. 10 de fev. 2023. Disponível em: https://nuclearsafety.gc.ca/eng/resources/international-cooperation/international-agreements/cnsc-paa-moc-feb2023.cfm. Acesso em 12 de mai. 2023.

CORREIO BRASILIENSE (06.02.2023). **Espaço para iniciativa privada na exploração de minérios nucleares gera debate**. Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/negocios/2023/02/5071580-espaco-para-iniciativa-privada-na-exploracao-de-minerios-nucleares-gera-debate.html. Acesso em 15 de mai. 2023.

IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (01.12.2022). **UAE combats climate change with Nuclear Power and shares its experience**. Disponível em: https://www.iaea.org/bulletin/uae-combats-climate-change-with-nuclear-power-and-shares-its-experience. Acesso em 15 de mai. 2023.

IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Assessing the Impacts of Climate Change and Pollution on Marine Life with Nuclear Science in Kuwait**. 2022. Disponível em: https://www.iaea.org/bulletin/assessing-the-impacts-of-climate-change-and-pollution-on-marine-life-with-nuclear-science-in-kuwait. Acesso em: 15 de fev. 2023.

IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Climate-Smart Agriculture Shows Promise in Improving Azerbaijan's Cotton Productivity**. 02 de fev. 2023. Disponível em: https://www.iaea.org/newscenter/news/climate-smart-agriculture-shows-promise-in-improving-azerbaijans-cotton-productivity. Acesso em: 15 de fev. 2023.

PETRONOTÍCIAS (16.02.2023). **A Holtec conclui e entrega uma peça-chave para o reator de fusão nuclear dos Estados Unidos**. Disponível em: https://petronoticias.com.br/a-holtec-conclui-e-entrega-uma-peca-chave-para-o-reator-de-fusao-nuclear-dos-estados-unidos/. Acesso em 15 de mai. 2023

PETRONOTÍCIAS. **A TVEL, uma divisão da russa Rosatom, vence a licitação para foenecer lítio-7 para usinas nucleares brasileiras**. 13 de mar. de 2023. Disponível em: https://petronoticias.com.br/a-tvel-uma-divisao-da-russa-rosatom-vence-a-licitacao-para-fornecer-litio-7-para-as-usinas-nucleares-brasileiras/. Acesso em: 12 de maio. 2023.

PETRONOTÍCIAS (16.01.2023). **Brasil perde cerca de 12% de sua produção pós colheita por não difundir o uso da irradiação nuclear nos alimentos**. Disponível em: https://petronoticias.com.br/brasil-perde-cerca-de-de-12-de-sua-producao-pos-colheita-por-ainda-nao-difundir-o-uso-da-irradiacao-nuclear-nos-alimentos/. Acesso em 15 de mai. 2023.

Referências Bibliográficas

PETRONOTÍCIAS. **Companhia americana adquiriu empresa estratégica do programa de submarinos nucleares da França**. 28 de mar. de 2023. Disponível em: https://petronoticias.com.br/companhia-americana-adquiriu-empresa-estrategica-do-programa-de-submarinos-nucleares-da-franca/. Acesso em: 28 de mar. 2023.

PETRONOTÍCIAS (24.03.2023). **Deputado Júlio Lopes propõe regime fiscal de incentivos fiscais para o setor nuclear**. Disponível em: https://petronoticias.com.br/deputado-julio-lopes-propoe-regime-especial-de-incentivos-fiscais-para-o-setor-nuclear/. Acesso em 15 de mai. 2023.

PETRONOTÍCIAS. **Empresas sul-coreanas querem encerrar litígio com a Westinghouse sobre venda de reatores APR-1400 para a Polônia**. 13 de jan. de 2023. Disponível em: https://petronoticias.com.br/empresas-sul-coreanas-querem-acabar-litigio-com-a-westinghouse-sobre-venda-de-reatores-apr-1400-para-a-polonia/. Acesso em: 12 de maio. 2023.

PETRONOTÍCIAS (13.02.2023). **França manobra e lidera nove países para reivindicar produção de Hidrogênio Rosa e dominar mercado de venda para a Europa**. Disponível em: https://petronoticias.com.br/franca-manobra-e-lidera-nove-paises-para-reivindicar-producao-de-hidrogenio-rosa-e-dominar-mercado-de-venda-para-a-europa/. Acesso em 15 de mai. 2023.

PETRONOTÍCIAS (17.03.2023). **Frente Parlamentar Nuclear alcança o número necessário de assinaturas para sua instalação**. Disponível em: https://petronoticias.com.br/frente-parlamentar-nuclear-alcanca-o-numero-necessario-de-assinaturas-para-sua-instalacao/. Acesso em 15 de mai. 2023.

PETRONOTÍCIAS. **GE HITACHI e a HOLTEC apresentaram projetos para construções de pequenos reatores nucleares no Reino Unido**. 24 de dez. de 2022. Disponível em: https://petronoticias.com.br/ge-hitachi-e-a-holtec-apresentaram-projetos-para-construcoes-de-pequenos-reatores-nucleares-no-reino-unido/. Acesso em: 12 de maio. 2023.PETRONOTÍCIAS (08.02.2023). **Governo da França faz preparativos para programação de construção de novas usinas nucleares no país**. Disponível em: https://petronoticias.com.br/governo-da-franca-faz-preparativos-para-programa-de-construcao-de-novas-usinas-nucleares-no-pais/. Acesso em 15 de mai. 2023.

PETRONOTÍCIAS. **Governo do Canadá lança programa para apoiar desenvolvimento comercial de pequenos reatores modulares**. 02 de mar. de 2023. Disponível em: https://petronoticias.com.br/governo-do-canada-lanca-programa-para-apoiar-desenvolvimento-comercial-de-pequenos-reatores-modulares/. Acesso em: 12 de maio. 2023.

PETRONOTÍCIAS. **Grandes data centers poderão usar a energia gerada de pequenos reatores nucleares para abastecimento**. 10 de jan. de 2023. Disponível em: https://petronoticias.com.br/grandes-data-centers-poderao-usar-a-energia-gerada-de-pequenos-reatores-nucleares-para-abastecimento/. Acesso em: 12 de maio. 2023.

Referências Bibliográficas

PETRONOTÍCIAS (25.12.2022). **Japão adota plano para maximizar o uso de energia nuclear**. Disponível em: https://petronoticias.com.br/japao-adota-plano-para-maximizar-o-uso-de-energia-nuclear/. Acesso em 15 de mai. 2023.

PETRONOTÍCIAS (25.01.2023). **Ministério de Ciência, Inovação e Tecnologia promete avançar na construção do Reator Multipropósito**. Disponível em: https://petronoticias.com.br/ministerio-de-ciencia-inovacao-e-tecnologia-promete-avancar-na-construcao-do-reator-multiproposito/. Acesso em 15 de mai. 2023.PETRONOTÍCIAS. **Presidente da Nuclep revela avanços recentes da empresa rumo à construção do submarino nuclear brasileiro**. 23 de jan. de 2023. Disponível em: https://petronoticias.com.br/presidente-da-nuclep-revela-avancos-recentes-da-empresa-rumo-a-construcao-do-submarino-nuclear-brasileiro/. Acesso em: 12 de maio. 2023.

PETRONOTÍCIAS. **Rosatom envia para a china toda carga de combustíveis nucleares previstos para 2022**. 30 de dez. de 2022. Disponível em: https://petronoticias.com.br/rosatom-envia-para-a-china-toda-carga-de-combustiveis-nucleares-previstos-para-2022/. Acesso em: 12 de maio. 2023.REUTERS (21.12.2022). **New Era for Nuclear Energy Post Inflation Reduction Act**. Disponível em: https://www.reuters.com/legal/legalindustry/new-era-nuclear-energy-post-inflation-reduction-act-2022-12-21/. Acesso em 15 de mai. 2023.

REUTERS. **U.S. approves design for NuScale small modular nuclear reactor**. 20 de jan. de 2023. Disponível em: https://www.reuters.com/business/energy/us-approves-design-nuscale-small-modular-nuclear-reactor-2023-01-20/. Acesso em: 12 de maio. 2023.

VALOR ECONÔMICO (06.01.2023). **Bolsonaro sanciona Lei que permite investimento privado em extração de minérios nucleares**. Disponível em: https://valor.globo.com/brasil/noticia/2022/12/31/bolsonaro-sanciona-lei-que-permite-investimento-privado-em-extrao-de-minrios-nucleares.ghtml. Acesso em 15 de mai. 2023.

VALOR ECONÔMICO (04.02.2023). **França, Índia e Emirados Árabes Unidos selam acordo para projetos de energias renováveis e proteção climática**. Disponível em: https://valor.globo.com/empresas/noticia/2023/02/04/frana-ndia-e-emirados-rabes-unidos-selam-acordo-para-projetos-de-energias-renovveis-e-proteo-climtica.ghtml. Acesso em 15 de mai. 2023.

VALOR ECONÔMICO (22.12.2022). **Japão quer reverter política de geração de energia nuclear**. Disponível em: https://valor.globo.com/mundo/noticia/2022/12/22/japo-quer-reverter-poltica-de-gerao-de-energia-nuclear.ghtml. Acesso em 15 de mai. 2023.

Referências Bibliográficas

VALOR ECONÔMICO (26.01.2023). **Japão vai usar forças de autodefesa para proteger usinas nucleares**. Disponível em: https://valor.globo.com/mundo/noticia/2023/01/04/japo-vai-usar-foras-de-autodefesa-para-proteger-usinas-nucleares.ghtml. Acesso em 15 de mai. 2023.

VALOR ECONÔMICO (08.03.2023). **Para estimular políticas públicas, setor nuclear articula Frente Parlamentar**. Disponível em: https://valor.globo.com/empresas/noticia/2023/03/08/para-estimular-politicas-publicas-setor-nuclear-articula-frente-parlamentar.ghtml. Acesso em 15 de mai. 2023.VALOR ECONÔMICO. **Parecer libera quadros da Eletrobrás a enbpar**. 14 de fev. de 2023. Disponível em: https://valor.globo.com/empresas/noticia/2023/02/14/parecer-libera-quadros-da-eletrobras-a-enbpar.ghtml. Acesso em: 15 de fev. 2023.

VALOR ECONÔMICO (30.03.2023). **UE define novas metas ambientais que excluem uso de energia nuclear**. Disponível em: https://valor.globo.com/mundo/noticia/2023/03/30/ue-define-novas-metas-ambientais-que-excluem-uso-de-energia-nuclear.ghtml. Acesso em 15 de mai. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Alberta grows links with SMR sector.** 24 de mar. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Alberta-grows-links-with-SMR-sector. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Alliance signs Canadian SMR contract**. 30 de jan. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Alliance-signs-Canadian-SMR-contract. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Baltic Shipyard signs contract for two more nuclear-powered icebreaker**s. 08 de fev. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Baltic-Shipyard-signs-contract-for-two-more-nuclea. Acesso em 12 de maio. 2023.WNN (07.02.2023). **Belgium considers extended use of older reactors**. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Belgium-considers-extended-use-of-older-reactors. Acesso em 15 de mai. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Boost to Russian marine reactor manufacturing**. 23 de dez. 2022. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Boost-to-Russian-marine-reactor-manufacturing. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN (28.03.2023). **Bulgaria close to signining Westinghouse and EDF deal**. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Bulgaria-close-to-signing-Westinghouse-and-EDF-dea. Acesso em 15 de mai. 2023.

Referências Bibliográficas

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Bulgarian plant signs 10-year deal for Westinghouse fuel**. 22 de dez. 2022. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Bulgarian-plant-signs-10-year-deal-for-Westinghous. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **BWRX-300 selected for Estonia's first nuclear power plant**. 08 de fev. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/BWRX-300-selected-for-Estonia-s-first-nuclear-powe. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **BWXT to manufacture BWRX-300 reactor vessel**. 22 de mar. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/BWXT-to-manufacture-BWRX-300-reactor-vessel. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN (30.01.2023). **Call for prompt launch of Great British Nuclear**. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Call-for-prompt-launch-of-Great-British-Nuclear. Acesso em 15 de mai. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Cameco to supply Ukraine's uranium needs to 2035**. 09 de fev. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Cameco-to-supply-Ukraine-s-uranium-needs-to-2035. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN (27.03.2023). **Canada and USA pledge to bolster nuclear supply chain**. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Canada,-USA-pledge-to-bolster-nuclear-supply-chain. Acesso em 15 de mai. 2023.

WNN (27.03.2023). **Canada and USA pledge to bolster nuclear supply chain**. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Canada,-USA-pledge-to-bolster-nuclear-supply-chain. Acesso em 15 de mai. 2023.

WNN (30.03.2023). **Canadian budget underlines government support for Nuclear Power**. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Canadian-budget-underlines-government-support-for. Acesso em 15 de mai. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Canadian and UK regulators agree terms for cooperation**. 19 de jan. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Canadian-and-UK-regulators-agree-terms-for-coopera. Acesso em 12 de maio. 2023.

Referências Bibliográficas

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Canadian refurbishment projects hit milestones**. 30 de dez. 2022. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Canadian-refurbishment-projects-hit-milestones. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN (12.01.2023). **Changes to Swedish law proposed to enable nuclear**. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Changes-to-Swedish-law-proposed-to-enable-nuclear. Acesso em 15 de mai. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Energoatom and Urenco discuss enriched uranium supply**. 20 de dez. 2022. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Energoatom-and-Urenco-discuss-enriched-uranium-sup. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Enusa and Westinghouse VVER-440 fuel collaboration**. 18 de jan. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/ENUSA-and-Westinghouse-agree-VVER-440-fuel-deal. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **First Light Fusion demonstration plant site agreement, targets 2024 construction start**. 25 de jan. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Construction-start-for-First-Light-Fusion-s-demons. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN (17.01.2023). **French bill on accelerating nuclear new build progresses**. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/French-bill-on-accelerating-nuclear-new-build-prog. Acesso em 15 de mai. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Joint company launched to implement Pątnów project**. 08 de mar. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Joint-company-launched-to-implement-Patnow-project. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN (27.01.2023). **Kazakhstan continues discussions with EDF**. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Kazakhstan-continues-discussions-with-EDF. Acesso em 15 de mai. 2023.

WNN (31.01.2023). **Korea proposes to build four reactors for Turkey**. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Korea-proposes-to-build-four-reactors-for-Turkey. Acesso em 15 de mai. 2023.WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Mochovce 3 supplies first electricity to grid**. 01 de fev. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Mochovce-3-supplies-first-electricity-to-grid. Acesso em 12 de maio. 2023.

Referências Bibliográficas

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Korean nuclear suppliers team up for export drive**. 13 de jan. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Korean-nuclear-suppliers-team-up-for-export-drive. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Modernisation projects under way at Czech plants**. 15 de fev. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Modernisation-projects-under-way-at-Czech-plants. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN (07.02.2023). **Myanmar signs nuclear energy cooperation agreement with Russia.** Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Myanmar-signs-nuclear-energy-cooperation-agreement. Acesso em 15 de mai. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Nebraska begins SMR siting study**. 16 de jan. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Nebraska-begins-SMR-siting-study. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Nine Mile Point starts supplying hydrogen**. 08 de mar. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Nine-Mile-Point-starts-supplying-hydrogen. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN (14.02.2023). **NRA approves use of Japanese reactors beyond 60 years old**. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/NRA-approves-use-of-Japanese-reactors-beyond-60-ye. Acesso em 15 de mai. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **NuScale completes standard plant design**. 22 de dez. 2022. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/NuScale-completes-standard-plant-design. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Okapi invests in innovative enrichment technology**. 20 de fev. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Okapi-invests-in-innovative-enrichment-technology. Acesso em 12 de maio. 2023.

Referências Bibliográficas

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Poland's Industria selects Rolls-Royce SMR for green energy plans**. 9 de fev. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Poland-s-Industria-selects-Rolls-Royce-SMR-for-hyd. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Poland's Respect Energy considers deploying French SMR design**. 16 de jan. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Poland-s-Respect-Energy-considers-deploying-French. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Prototype SMR safety system completed**. 22 de dez. 2022. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Prototype-SMR-safety-system-completed. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **UKAEA, University of Sheffield to collaborate on fusion R&D**. 09 de mar. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/UKAEA,-University-of-Sheffield-to-collaborate-on-f. Acesso em 12 de maio. 2023.

WNN, WORLD NUCLEAR NEWS. **Virginia governor signs bills to support SMR development**. 28 de mar. 2023. Disponível em: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Virginia-governor-signs-bills-to-support-SMR-devel. Acesso em 12 de maio. 2023.

GESEL
Grupo de Estudos do Setor Elétrico
UFRJ

Observatório de Energia Nuclear

Equipe de Pesquisa

Editor: Prof. Nivalde J. de Castro

Subeditores: Fabiano Lacombe
João Pedro S. Gomes

Pesquisadores: Cristina Rosa
Isadora Correa
Pedro Ludovico

fb.com/geselufrj

@geselufrj