

ROSATOM NEWSLETTER

01.

HISTÓRIAS

Potencializando um futuro melhor: 80 anos do setor nuclear russo
Ensino: A luz da energia nuclear
Bem-vindo ao Fórum Quântico do BRICS



02.

TENDÊNCIAS

Tendências do equilíbrio global

03.

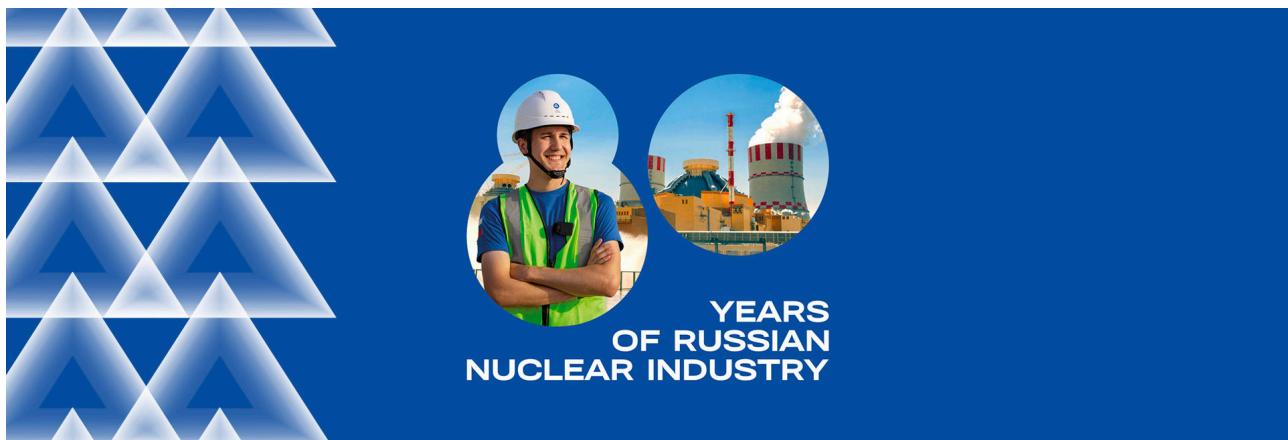
NOTÍCIAS REGIONAIS

América Latina. Tecnologias nucleares para o Brasil



Potencializando um futuro melhor: 80 anos do setor nuclear russo

Em agosto de 2025, o setor nuclear russo comemora seu 80º aniversário: em 20 de agosto de 1945, foi assinada uma resolução que criava o Comitê Especial sob o Comitê Estatal de Defesa da URSS, encarregado de supervisionar todos os trabalhos relacionados ao uso da energia nuclear de urânio. A partir dessa data, teve início o projeto nuclear soviético. A atual geração de especialistas nucleares russos dá continuidade ao trabalho de seus grandes antecessores e abre novas oportunidades para as tecnologias nucleares.



Os melhores matemáticos, físicos, químicos e engenheiros do país criaram um tipo completamente novo de energia: a energia nuclear. O físico Igor Kurchatov, cientista que liderou o projeto nuclear, propôs, no final da década de 1940, a construção da primeira usina nuclear do mundo baseada na energia da fissão de urânio. Em 26 de junho de 1954, a primeira usina nuclear do mundo, a Usina Nuclear de Obninsk, produziu eletricidade para a rede. No mesmo ano, o Conselho de Ministros da URSS aprovou o programa para a construção em massa de usinas nucleares em todo o país. A Usina Nuclear de Obninsk também abriu caminho para a energia nuclear em outros países. Atualmente, 416 unidades nucleares com uma capacidade total de mais de 376 GW estão em operação em todo o mundo. Na Rússia, 36 unidades produzem energia nuclear segura e limpa, com uma capacidade total de 26,8 GW.

Especialistas nucleares russos estão constantemente aprimorando tecnologias de geração de energia nuclear, oferecendo aos seus parceiros soluções cada vez mais avançadas. Assim, reatores VVER de diversas modificações tornaram-se os mais procurados no mercado global de grandes usinas nucleares. A carteira de pedidos internacionais da Rosatom para a construção de usinas nucleares inclui 33 unidades de alta

capacidade com reatores VVER em 10 países.

A Rosatom também é líder no segmento de usinas nucleares de baixa potência. Especialistas russos foram os primeiros e, até o momento, os únicos no mundo a construir uma usina nuclear flutuante com uma unidade de energia, a "Akademik Lomonosov". Além disso, quatro unidades de energia flutuantes com reatores RITM-200 estão sendo construídas para fornecer energia à mina de Baismky em Chukotka. A estatal está negociando com parceiros de outros países a construção de usinas flutuantes com diversas modificações, está se preparando para construir uma pequena usina nuclear terrestre em Yakutia (Rússia) e está implementando o primeiro projeto de exportação do mundo para usinas nucleares de baixa potência: seis unidades no Uzbequistão.

A Rosatom também propôs um conceito para sistemas de reatores de Geração IV, que prevê melhorias significativas em segurança, eficiência econômica e o fechamento do ciclo do combustível nuclear — ou seja, o reprocessamento do combustível irradiado e a incorporação do urânio excedente ao ciclo do combustível nuclear após o enriquecimento. Essa abordagem permitirá o pleno aproveitamento do potencial energético do urânio extraído, reduzindo tanto a necessidade de novas

minas quanto o volume de rejeitos radioativos.

Esses princípios serão aplicados no âmbito do projeto "Proryv": uma unidade de energia única, o BREST-OD-300, com um reator de nêutrons rápidos refrigerado a chumbo, está sendo construído na Rússia; módulos de reprocessamento e uma planta de fabricação e remanufatura de combustível serão construídos no mesmo local. Os reatores de nêutrons rápidos são um foco estratégico fundamental para o setor nuclear russo: o primeiro reator, BR-2, foi comissionado em 1956 e, desde então, vários reatores rápidos de pesquisa e energia foram construídos, alguns dos quais ainda estão em operação. Além disso, a Rosatom está construindo o reator de pesquisa MBIR, que está despertando grande interesse na comunidade nuclear internacional.



Nova liderança

O setor nuclear russo sempre foi multifacetado: pesquisa e desenvolvimento de novos materiais, instalações computacionais, medicina nuclear e muito mais. Com base nessas competências, a Rosatom desenvolveu setores inteiros, nos quais a Corporação Estatal ocupa uma posição de liderança.

A TVEL, Divisão de Combustíveis da Rosatom, está desenvolvendo o campo da impressão 3D: produz pós e impressoras 3D e desempenha um papel fundamental na implementação de tecnologias aditivas no setor da Rússia e de outros países.

Além disso, a Rosatom está construindo plantas para a produção de baterias de íons de lítio, promovendo o desenvolvimento de materiais para elas, e participa do desenvolvimento de veículos elétricos nacionais. Três divisões da Rosatom estão envolvidas na implantação de infraestrutura de carregamento elétrico na Rússia. A Divisão de Mineração está desenvolvendo projetos para a produção de carbonatos e hidróxidos de lítio e concentrados individuais de metais de terras raras, que são usados para fabricar ímãs, que, por sua vez, são usados para motores. A produção de ímãs

dentro da estrutura da Rosatom também está planejada. A Divisão de Materiais Compósitos criou cadeias tecnológicas completas, desde matérias-primas até componentes e produtos compostos de vidro-carbono. A Divisão de Energia Eólica constrói e opera parques eólicos na Rússia e está desenvolvendo projetos semelhantes em outros países.

A Rosatom está desenvolvendo o potencial logístico da Rota do Mar do Norte (NSR). Graças à única frota mundial de quebra-gelos movidos a energia nuclear, o volume de transporte de carga por essa rota cresce a cada ano. A NSR está se tornando um corredor cada vez mais visível e procurado na logística global.

A Rosatom também desenvolve medicina nuclear. A estatal detém uma posição de liderança na produção de isótopos médicos, desenvolve radiofármacos e promove seu uso no diagnóstico e tratamento de pacientes. A Rosatom compartilha sua experiência com outros países. Por exemplo, um Centro de Pesquisa e Tecnologia Nuclear exclusivo está sendo construído na Bolívia, que inclui um complexo ciclotron, um Centro de Irradiação Multifuncional, laboratórios de radiobiologia e radioecologia e um reator de pesquisa.

A Rosatom também contribui para um planeta mais limpo eliminando danos ambientais acumulados: ela recupera aterros sanitários urbanos, desativa instalações químicas perigosas e gerencia riscos nucleares e radioativos.

Tecnologias de ponta

O setor nuclear russo, desde a sua criação até os dias atuais, tem estado na vanguarda da pesquisa científica e da inovação em engenharia. A Rosatom está envolvida no desenvolvimento e na aplicação de tecnologias termonucleares e quânticas, supercomputadores e inteligência artificial, biofabricação de órgãos e programas espaciais russos. Especialistas nucleares russos estão lançando as bases para o futuro tecnológico da Rússia e do mundo. Os frutos do seu trabalho beneficiarão pessoas em todo o mundo, e até mesmo além, por muitas décadas.

Ensino: A luz da energia nuclear

A Rosatom treina especialistas de diferentes países que posteriormente trabalharão no setor nuclear. Entre 2019 e 2024, mais de 1.900 pessoas de mais de 60 países foram treinadas no âmbito de programas internacionais conduzidos pela Academia Técnica Rosatom (ATR), em cooperação com a AIEA. A Academia Técnica Rosatom também organiza seus próprios cursos. Maria Khaletskaya, vice-reitora da Academia, fornece detalhes.



— Por favor, conte-nos sobre a cooperação entre a ATR e a AIEA.

— A Academia Técnica Rosatom coopera ativamente com a AIEA desde 2011, quando ambas as partes iniciaram atividades de treinamento em infraestrutura nuclear. Em 2018, a ATR, a AIEA e o Centro Técnico de Emergência Rosatom assinaram acordos de cooperação prática para fortalecer competências em segurança nuclear, proteção radiológica e resposta a emergências. No âmbito desse acordo, foi criado um Centro Conjunto de Desenvolvimento de Competências na ATR.

Em 2019, o ATR tornou-se o primeiro e continua sendo o único Centro de Cooperação da AIEA (Centro) a treinar representantes do setor nuclear de todo o mundo em programas em três áreas: energia nuclear, segurança nuclear e aplicações não energéticas. Em outubro de 2024, a ATR estendeu seu status de Centro e expandiu sua cooperação com a AIEA.

A ATR, em conjunto com a AIEA, organiza cursos anuais sobre gestão de energia nuclear e gestão do conhecimento. A ATR também realiza atividades de treinamento no âmbito do projeto INT2024, dedicado ao desenvolvimento de infraestrutura nuclear, e do projeto INT2023, que estuda o desenvolvimento de tecnologias de pequena potência.

— De quais países os participantes vêm?

— De todo o mundo. Há muitos participantes de

países da Ásia, África e Oriente Médio. Em 2024, Cuba e Kuwait aderiram aos programas de treinamento pela primeira vez e, em 2025, Mianmar se juntará, onde está planejada a construção de quatro usinas nucleares de pequena escala projetadas pela Rússia. O maior fluxo de participantes vem de países onde a Rosatom está construindo grandes usinas nucleares: Egito, Turquia, Bangladesh e Belarus.

— Conte-nos mais sobre as atividades de treinamento.

— Elas são divididas em quatro tipos. O primeiro são as escolas, que oferecem uma visão geral do setor nuclear, sistemas de gestão e abordagens para o desenvolvimento de pessoal e infraestrutura. Os participantes são jovens especialistas e gestores de nível iniciante e médio interessados em uma compreensão estratégica do setor.

O segundo tipo é um curso que abrange tópicos mais práticos e consolida conhecimentos básicos sem se aprofundar em aspectos técnicos específicos. São adequados para um público amplo.

O terceiro tipo são os seminários práticos para especialistas experientes que buscam aprofundar seus conhecimentos em uma área específica. Esses seminários analisam casos reais e proporcionam uma troca de experiências.

O quarto tipo são as visitas científicas em grupo. Estas são destinadas a um público mais avançado e

são elaboradas de acordo com as necessidades específicas dos países participantes. A característica marcante de todos os tipos de programas são as visitas técnicas às instalações do setor nuclear, organizadas de acordo com o tema de cada curso.

—Quais cursos estão sendo ministrados este ano?

— Esses cursos abrangem a seleção de locais para a construção de instalações nucleares, estudos de viabilidade técnica e econômica para pequenas usinas nucleares, gestão do conhecimento, interação com partes interessadas, ciclo fechado do combustível nuclear e gestão de resíduos radioativos, bem como gestão estratégica e soluções digitais para reatores de Geração IV.

Assim, em maio deste ano, a ATR e a AIEA realizaram um curso sobre seleção de locais para a construção de usinas nucleares, incluindo as de baixa potência. Mais de 20 pessoas de 18 países participaram, incluindo Armênia, Brasil, Cazaquistão, Sri Lanka e Zâmbia. Especialistas da AIEA explicaram como prestam assistência na construção de usinas nucleares e compartilharam suas experiências nos países-membros da agência. Os participantes apresentaram as etapas de implementação de seus programas nucleares, discutindo onde surgiram as dificuldades e como elas podem ser superadas.

— Os cursos são presenciais?

— Geralmente sim, mas quando necessário também é utilizado o formato online, conectando os participantes por videoconferência.

—Como posso me inscrever para participar?

— Somente por meio da plataforma oficial da AIEA — InTouch+.

A ATR e a AIEA definem e concordam com os tópicos, datas, formatos, programas e membros do corpo docente, que podem compartilhar suas experiências avançadas e demonstrar exemplos práticos de seu trabalho.

—Como terminam os cursos?

— Os cursos conjuntos entre ATR-AIEA não incluem uma avaliação final. Após a conclusão, os participantes recebem um certificado de conclusão.

— A ATR também tem seus próprios cursos. Conte-nos mais sobre eles.

— O Escritório do Projeto da ATR, "Transferência de Educação Nuclear", oferece cursos de curta duração, de Treinamento de Instrutores, para professores e alunos de pós-graduação de universidades estrangeiras. O programa proporciona conhecimento não apenas sobre tecnologias, mas também sobre como criar programas universitários especializados para a formação de profissionais na área nuclear.

—Sobre o que são esses cursos?

— Os principais produtos de exportação da Rosatom estão sendo estudados: usinas nucleares com VVER-1200 e usinas nucleares com RITM-200, bem como aplicações não energéticas de tecnologias de radiação: medicina nuclear, centros de irradiação multifuncionais, reatores de pesquisa e ciclotrons. Nos últimos anos, adicionamos cursos na área de infraestrutura nuclear. Em fase piloto, realizamos com sucesso cursos sobre a criação de instalações de descarte de resíduos radioativos e sobre planejamento estratégico do setor energético em países que estão iniciando seus programas nucleares. Planejamos expandir o programa para incluir o estudo de tecnologias de energia renovável e a análise de possíveis cenários para o fornecimento ideal de energia, bem como desenvolver um curso sobre a implementação de um programa nuclear nacional (NEPIO, Organização Implementadora do Programa de Energia Nuclear). Os cursos de Treinamento de Instrutores são oferecidos em todos os formatos: presencial, a distância, híbrido e a distância com aprendizagem individualizada. Este ano, representantes de mais de 40 países participaram, com Somália e Malawi se juntando a eles.

—Quais cursos são mais procurados?

— Cursos sobre reatores de pesquisa, usinas nucleares de baixa potência e medicina nuclear.

—Como os cursos são organizados?

— Após o requerimento de um cliente de um setor específico, as inscrições para o treinamento abrem com dois a três meses de antecedência. Os cursos têm duração de uma a duas semanas e, para cursos com aprofundamento em um tópico específico, pode ser necessário um exame de admissão. O programa inclui uma avaliação final com possibilidade de repetição do exame.

Bem-vindo ao Fórum Quântico do BRICS

O Fórum Internacional sobre Tecnologias Quânticas será realizado na Rússia em 2026. O fórum está incluído no calendário de atividades do BRICS nas áreas de ciência, tecnologia e inovação. Anteriormente, durante a 17ª Cúpula do BRICS, realizada nos dias 6 e 7 de julho deste ano no Rio de Janeiro, Brasil, os países-membros do bloco apoiaram o desenvolvimento de tecnologias quânticas.



O Fórum Quântico no calendário

O Fórum Internacional sobre Tecnologias Quânticas está incluído no calendário de atividades dos países do BRICS.

A Rosatom é uma das principais empresas do ecossistema russo para o desenvolvimento de tecnologias quânticas, que inclui institutos acadêmicos, universidades, empresas industriais e startups.

Segundo o acordo com o governo russo, a Rosatom é responsável pela computação quântica desde 2020 e, a partir de 2026, a Corporação Estatal também assumirá a responsabilidade pelo desenvolvimento de sensores quânticos. O projeto quântico da Rosatom prevê a continuidade da pesquisa científica relevante, bem como o desenvolvimento de aplicações práticas de inovações quânticas no setor nuclear e em outros setores. Um componente importante do projeto é o desenvolvimento da educação quântica.

Além disso, a Rosatom defende o desenvolvimento da cooperação internacional na área quântica. "Temos um potencial significativo e defendemos o acesso equitativo dos países às tecnologias avançadas, visto que o objetivo final do progresso científico e tecnológico é melhorar a qualidade de vida das pessoas em todo o mundo. Apoiamos totalmente a disposição das nações em cooperar no

desenvolvimento das tecnologias do futuro e a inclusão das tecnologias quânticas na agenda do BRICS", afirmou Ekaterina Solntseva, Diretora de Tecnologias Quânticas da Rosatom.

A declaração final da 13ª reunião dos Ministros da Ciência e Educação do BRICS, realizada no âmbito da cúpula, observou que as tecnologias quânticas se tornaram uma das prioridades: Valorizamos muito a proposta do Brasil de considerar inteligência artificial, tecnologias quânticas e inovações industriais como prioridades para 2025, no novo contexto de rápido desenvolvimento de tecnologias avançadas e processos de reinustrialização nacional. Esses temas foram destacados em diversos diálogos e iniciativas do BRICS na área de ciência, tecnologia e inovação neste ano. Vale lembrar que a ONU declarou 2025 o Ano Internacional da Ciência e Tecnologia Quântica.

Evolução quântica na Rússia

A ativação do projeto quântico russo começou em 2020 com a assinatura de uma série de roteiros sobre tecnologias quânticas. No âmbito do roteiro "Computação Quântica", coordenado pela Rosatom, computadores quânticos funcionais foram criados até o início de 2025 em quatro plataformas prioritárias: computadores iônicos de 50 qubits, computadores atômicos de 50 qubits, computadores fôtons de 35 qubits e computadores supercondutores de 16 qubits.



Trinta e quatro algoritmos quânticos também foram desenvolvidos para resolver tarefas de teste e modelos para otimização quântica, química quântica, modelagem quântica, processamento de big data e outras aplicações. Uma plataforma nacional de nuvem foi criada como um serviço futuro para fornecer acesso a computadores quânticos.

O foco do projeto quântico até 2030 será a aplicação prática de tecnologias quânticas em vários setores industriais, principalmente no setor nuclear.

Entre os objetivos dos cientistas russos estão a expansão dos registradores quânticos (aumentando o número de qubits) e a melhoria da precisão das operações. A miniaturização de dispositivos quânticos também está planejada. O resultado do programa russo de computação quântica até 2030 será a criação de um processador quântico de 300 qubits. Mais importante ainda, será necessário avançar para a resolução de problemas práticos.

Espera-se que a computação quântica seja usada para resolver tarefas de otimização, criar novos materiais, incluindo produtos farmacêuticos, desenvolver tecnologias médicas personalizadas e tornar as operações de logística mais econômicas e eficientes.

Tecnologias quânticas também estão sendo aplicadas no setor nuclear. No âmbito do projeto "Proryv", que visa criar um sistema de energia nuclear de quarta geração, uma tarefa de otimização de testes envolvendo o plano de produção de longo prazo e o fornecimento de combustível nuclear foi resolvida usando algoritmos inspirados na computação quântica, garantindo o carregamento ideal das capacidades de produção e a distribuição de combustível nuclear aos consumidores.

A Rosatom está avançando cautelosamente na aplicação da computação quântica em projetos de logística, engenharia mecânica e combustível nuclear. E, claro, em projetos de usinas nucleares de quarta geração: este é um exemplo único em que, em nossa opinião, o progresso não seria possível sem tecnologias quânticas. "Precisamos começar a aprender a resolver tarefas industriais usando computação quântica e algoritmos agora, para que estejamos prontos para a atividade prática com a chegada da computação quântica industrial", disse o CEO da Rosatom, Alexey Likhachev, durante o café da manhã de negócios "Avanço quântico: do investimento em ciência aos projetos empresariais", realizado no âmbito do Fórum Econômico Internacional de São Petersburgo em junho de 2025.

Tendências do equilíbrio global

Nas últimas décadas, os países que mais consomem urânio para suas usinas nucleares e os principais produtores de urânio praticamente não tinham relação. Agora, a situação está mudando gradualmente: países com usinas nucleares estão tomando medidas para iniciar, retomar ou expandir significativamente a mineração de urânio, enquanto países com reservas de urânio planejam construir suas próprias usinas nucleares. A Rosatom participa de ambos os processos, contribuindo para o desenvolvimento de tecnologias nucleares em todo o mundo.



Durante muitos anos, no setor nuclear, os principais centros de produção de urânio não coincidiram com os maiores centros de consumo em usinas nucleares. Cazaquistão, Austrália, Namíbia, Uzbequistão e Níger exportam todo o urânio que produzem. Em contraste, países europeus e os Estados Unidos importam praticamente todo o urânio que consomem. África do Sul, Índia e China importam parte de suas necessidades de urânio. A Rússia, assim como a China em certa medida, optou por estabelecer empresas de mineração de urânio em outros países. Para a Rússia, a cooperação mais bem-sucedida e duradoura tem sido com o Cazaquistão.

Nos últimos anos, a energia nuclear passou por um novo renascimento, e a situação descrita acima começou a mudar. Cazaquistão, Uzbequistão e Namíbia começaram a tomar medidas para construir suas próprias usinas nucleares, enquanto Estados Unidos, Brasil, Argentina e Suécia planejam não apenas expandir sua frota de usinas nucleares, mas também retomar a produção nacional de concentrados de urânio natural.

Cazaquistão

O Cazaquistão é o maior produtor mundial de urânio há mais de quinze anos. Em 2024, o país produziu 23.270 toneladas de urânio, parte das quais provenientes de joint ventures com a Rosatom.

Todo o urânio do Cazaquistão é exportado: após o fechamento do reator da usina nuclear de Mangystau em 1999, não há usinas nucleares operando no país.

A situação mudou nos últimos anos. No ano passado, foi realizado um referendo no Cazaquistão, no qual a população aprovou a construção de usinas nucleares. Diversas usinas nucleares estão planejadas para construção. A primeira usina nuclear será construída por um consórcio internacional liderado pela Rosatom, cuja proposta foi considerada a melhor pela Comissão Interministerial do Cazaquistão para o Desenvolvimento do setor Nuclear. No Fórum Econômico Internacional de São Petersburgo (SPIEF), realizado em junho deste ano, o Diretor Geral da Rosatom, Alexey Likhachev, e Almasadam Satkaliyev, Presidente da Agência de Energia Atômica da República do Cazaquistão, assinaram um roteiro para a implementação das principais etapas do projeto de construção de uma usina nuclear de grande porte no Cazaquistão. Além disso, a Companhia de Energia Nuclear do Cazaquistão e a Atomstroyexport (Divisão de Engenharia da Rosatom) assinaram um acordo-quadro que define os princípios-chave de cooperação para a implementação do projeto no distrito de Zhambyl, na região de Almaty.

Os três maiores produtores de urânio extraído do mundo (em toneladas de U, de acordo com dados da Associação Nuclear Mundial para 2022):

Cazaquistão— 21.227
Canadá— 7.351
Namíbia— 5.613

Uzbequistão

O Uzbequistão é um dos maiores mineradores de urânio do mundo: em 2022, segundo estimativas da Associação Nuclear Mundial, produziu 3.300 toneladas de urânio. O país nunca teve usinas nucleares.

O Uzbequistão está embarcando em sua jornada de energia nuclear com usinas nucleares de baixa potência projetadas pela Rússia. Em 2024, a Rosatom assinou um acordo com o governo uzbeque para a construção de seis unidades com reatores RITM-200 de 55 MW, com a primeira unidade programada para entrar em operação em 2029. Este é o primeiro contrato de exportação do mundo para a construção de pequenas usinas nucleares. Os trabalhos preparatórios para a concretagem das usinas estão em andamento na região de Jizzakh, enquanto a fabricação do primeiro reator já começou na Rússia. Além disso, no âmbito do Fórum Econômico Internacional de São Petersburgo (SPIEF), a Rosatom e a Agência para o Desenvolvimento da Energia Nuclear sob o Gabinete de Ministros do Uzbequistão assinaram um acordo para explorar a possibilidade de construir duas unidades de energia no Uzbequistão (com a opção de expansão para quatro unidades) com reatores VVER-1000 de 1 GW.

Namíbia

Segundo dados do Instituto de Urânio da Namíbia, o volume de produção de urânio do país atingiu 8.283 toneladas em 2023. Um projeto-chave que pode abrir uma nova área de mineração de urânio na Namíbia e impulsionar o desenvolvimento econômico na região leste do país é o projeto Wings, desenvolvido pela Rosatom.

Além disso, a Namíbia pretende iniciar negociações sobre a construção de uma usina nuclear no país. O anúncio foi feito pelo presidente namibiano, Netumbo Nandi-Ndaitwah: "Embora eu não possa dizer quando a Namíbia terá uma usina nuclear, posso garantir que as discussões começarão definitivamente durante este ano". Para o país, gerar sua própria eletricidade é um objetivo estratégico, já que a Namíbia depende de eletricidade importada da África do Sul e o fornecimento é frequentemente

instável. Netumbo Nandi-Ndaitwah busca explorar plenamente o potencial dos recursos naturais do país: "Não devemos limitar nossa participação à exportação de recursos minerais, mas também devemos processá-los aqui. Devemos ocupar um lugar na cadeia de criação de valor", afirmou o presidente.

A Rosatom está pronta para apoiar esses planos: "A energia nuclear pode se tornar uma base sólida para um sistema energético sustentável nos países africanos. A Rosatom desenvolveu uma ampla gama de soluções para atingir esse objetivo. Estamos satisfeitos que a Namíbia esteja explorando as possibilidades de uso da energia nuclear; esta decisão pode tornar o país um dos mais importantes players energéticos do continente africano", disse Ryan Collier, Diretor Geral do Centro Regional da Rosatom para a África Central e Meridional, durante a 2ª Conferência sobre Ciência e Tecnologia Nuclear na Namíbia, realizada no outono passado.

Os três países com maior capacidade instalada de unidades nucleares (GW, segundo dados da AIEA para 2025):

EUA — 96,95
França — 63
China — 55,32

Brasil

Atualmente, duas unidades geradoras da Usina Nuclear de Angra estão em operação no Brasil, com capacidade total de 1,88 GW. O país analisa a possibilidade de expandir sua frota de usinas nucleares e aumentar a extração de urânio. A implementação desses planos inclui a cooperação com a Rosatom. Assim, em maio deste ano, durante reunião com o presidente russo, Vladimir Putin, o presidente brasileiro, Luiz Inácio Lula da Silva, afirmou que o Brasil tem interesse em colaborar com a Rússia na construção de pequenas usinas nucleares. Além disso, o governo brasileiro e a Rosatom negociam a possibilidade de desenvolver conjuntamente projetos de extração de urânio e lítio no país.

Suécia

A mineração de urânio não é realizada na Suécia há pelo menos 15 anos, e a mineração de urânio é proibida por lei desde 2018. No entanto, no ano passado, após uma análise minuciosa, o governo sueco publicou um relatório concluindo que é apropriado suspender essa proibição. O projeto de lei correspondente deverá ser submetido ao Parlamento antes de 1º de janeiro de 2026.

Empresas estrangeiras de exploração geológica com projetos na Suécia apoiam ativamente essa medida.

Seis usinas nucleares com capacidade total de 7 GW estão atualmente em operação na Suécia. O governo anunciou que o país deve construir novas usinas nucleares com capacidade elétrica total de 2,5 GW até 2035. Além disso, entre quatro e dez novas unidades adicionais estão planejadas para construção na próxima década (a decisão final ainda não foi tomada).

Argentina

Três unidades operam no país em dois locais: duas na Usina Nuclear de Atucha e a outra na Usina Nuclear de Embalse, com capacidade total de 1,64 GW. Em dezembro de 2024, o governo argentino apresentou o Plano Nuclear Argentino, que prevê a construção de uma usina nuclear de projeto próprio no local da Usina Nuclear de Atucha, a modernização da infraestrutura nuclear e a organização da mineração de urânio no país. De acordo com dados da Associação Nuclear Mundial, o urânio não foi extraído na Argentina há pelo menos 12 anos. O Plano Nuclear Argentino despertou o interesse do presidente francês Emmanuel Macron, que em junho, durante a Conferência Internacional dos Oceanos da ONU em Nice, concordou com o presidente argentino Javier Milei em cooperar na implementação do plano nuclear. Eles também assinaram um memorando de entendimento que prevê a colaboração no desenvolvimento dos chamados minerais críticos, que incluem o urânio.

EUA

Em maio de 2025, o presidente dos EUA, Donald Trump, assinou quatro decretos executivos com o objetivo de estimular a expansão da capacidade nuclear dos EUA, aumentando-a dos atuais quase 97 GW para 400 GW até 2050. A meta para 2030 é adicionar 5 GW de capacidade, aumentando a capacidade dos reatores existentes e construindo 10 novos reatores de alta capacidade. Um dos decretos executivos exige o desenvolvimento de um plano para aumentar as capacidades de conversão e enriquecimento de urânio em níveis suficientes para atender à demanda interna dos EUA por urânio em diferentes níveis de enriquecimento. Outro decreto executivo estabelece a meta de posicionar as empresas nucleares dos EUA como parceiras preferenciais e define um objetivo específico: assinar pelo menos 20 novos acordos "123", que são a base da cooperação nuclear internacional.

Os Estados Unidos também buscam aumentar a produção doméstica de urânio, mas até o momento

os resultados são insignificantes. De acordo com o relatório da Administração de Informação de Energia referente ao primeiro trimestre de 2025, a produção de urânio, que já era baixa, caiu ainda mais, atingindo 310.533 libras de U₃O₈ (menos de 120 toneladas), cerca de 65.000 libras (25 toneladas) a menos do que no quarto trimestre de 2024.

Rússia

A Rosatom é líder global no setor nuclear, operando em mais de 60 países e com 33 unidades de alta capacidade em 10 países em sua carteira de pedidos internacionais. Também possui o primeiro projeto de exportação do mundo para a construção de usinas nucleares de baixa capacidade, com seis unidades no Uzbequistão.

A Rússia, oferecendo aos seus parceiros em países amigos ao redor do mundo assistência no desenvolvimento do setor de mineração de urânio e da energia nuclear, está construindo usinas nucleares e expandindo a produção de urânio em seu próprio território. De acordo com o Plano Geral para a Localização de Instalações de Energia Elétrica, até 2042, 38 unidades de diversas capacidades serão construídas na Rússia. A capacidade total dessas unidades aumentará em 18,9 GW (atualmente 26,8 GW), e a participação da energia nuclear na matriz energética do país aumentará para 25%. O volume de produção de urânio nas minas russas também deverá aumentar.

39
unidades de
potência

Carteira de encomendas estrangeiras da Rosatom para a construção de usinas nucleares

Algumas conclusões

Dado o significativo subinvestimento no setor nuclear e no setor de urânio, é difícil prever quais planos serão implementados e em que velocidade. No entanto, a tendência é clara: governos, proprietários de usinas nucleares e empresas de urânio buscam fechar a cadeia de suprimentos, desde a extração do minério até a geração de energia em usinas nucleares, a fim de completar os

elos que faltam no ciclo do combustível nuclear em seus próprios países.

É claro que a tendência é mais ampla, e também há um forte interesse em localizar cada etapa do ciclo do combustível nuclear. No entanto, a construção de usinas nucleares em conjunto com projetos de mineração de urânio continua sendo a opção mais segura, econômica e acessível em termos de tecnologia disponível.

Este artigo não analisa a estratégia da China separadamente, pois ela permanece inalterada: o país continua construindo sistematicamente novas unidades nucleares e está se esforçando para garantir suprimentos — inclusive por meio de seus próprios recursos — de urânio natural para atender às suas necessidades energéticas.

O artigo não pretende estabelecer um equilíbrio entre a demanda projetada e o consumo real, muito menos vinculá-lo a prazos específicos. No entanto, é evidente que o Cazaquistão e o Uzbequistão, uma vez construídas suas próprias usinas nucleares, estarão principalmente interessados na autossuficiência. O mesmo provavelmente se aplicará à Namíbia, ao Brasil, à Argentina e, em geral, a todos os países onde o urânio é extraído e existem usinas nucleares. Isso significa que os volumes de urânio produzidos nesses países não estarão mais disponíveis para outros consumidores.

Mas isso não representa o risco que muitos analistas de investimento usam para alarmar o mercado, aumentando os temores de uma iminente escassez de urânio e um potencial aumento descontrolado de preços. O setor nuclear global vem produzindo menos urânio do que consome há anos. O importante é que o urânio é cada vez mais negociado no mercado à vista, e as transações reais estão migrando cada vez mais para o segmento de contratos de longo prazo. Ao longo do último ano, desde julho de 2024, o preço de longo prazo permaneceu estável em torno de US\$ 80 por libra de U_3O_8 , sem reagir às flutuações do preço à vista.

Contratos de longo prazo envolvem grandes volumes de fornecimento e horizontes de planejamento de longo prazo. Isso requer soluções sistêmicas e investimentos significativos no desenvolvimento de novos depósitos, na criação de operações de mina estáveis e na implementação do ciclo fechado de combustível nuclear, que permite o reprocessamento do urânio remanescente após o enriquecimento e a recuperação de componentes valiosos do combustível irradiado. Tudo isso, em conjunto, garante a operação estável e de longo prazo das capacidades de geração de energia nuclear. É exatamente isso que a Rosatom e a Rússia como um todo estão fazendo. Portanto, a cooperação com a Rosatom é sinônimo de confiabilidade.

Tecnologias nucleares para o Brasil

A Rosatom apresentou tecnologias nucleares russas à comunidade empresarial brasileira. Vadim Titov, Diretor Geral da Rede Internacional Rosatom, participou da sessão plenária da cúpula BRICS+ NeLi (Novas Economias e Infraestrutura Legal). O fórum reuniu importantes representantes da comunidade empresarial e autoridades governamentais do Brasil e dos países do BRICS.



Em seu discurso, Vadim Titov destacou o papel crucial das tecnologias nucleares pacíficas no desenvolvimento sustentável: "A energia nuclear desempenha um papel extremamente importante na criação de um futuro sustentável para os países do BRICS, permitindo que os desafios estratégicos sejam enfrentados de forma abrangente e eficiente, visto que todos os Estados-membros do bloco estão interessados em garantir a segurança energética, o fornecimento estável de eletricidade e a redução de sua pegada de carbono. A Rosatom possui experiência e tecnologia únicas para oferecer aos seus parceiros soluções abrangentes na área de energia nuclear, alinhadas às necessidades de desenvolvimento de suas economias nacionais", enfatizou.

O Diretor da Rede Internacional Rosatom também abordou as perspectivas de cooperação em energia nuclear entre os países do BRICS: "Os países do BRICS estão começando a colaborarativamente entre si em questões relacionadas ao desenvolvimento da energia nuclear. Apoiamos as iniciativas da Plataforma de Energia Nuclear do BRICS, que está se tornando uma ferramenta fundamental para coordenar posições na agenda nuclear global do bloco e para desenvolver soluções conjuntas em fóruns internacionais", observou Vadim Titov.

A Plataforma de Energia Nuclear do BRICS foi criada por iniciativa da Rosatom. Seu principal objetivo é o desenvolvimento e a implementação de melhores práticas e abordagens avançadas para a aplicação energética e não energética de tecnologias

nucleares para fins pacíficos nos mercados do BRICS. Os participantes da plataforma não são Estados, mas sim empresas e organizações individuais que podem aderir à iniciativa. Ao longo de 2025, no âmbito da plataforma, serão realizados eventos especializados em locais-chave do setor nuclear.



O Diretor da Rede Internacional Rosatom também enfatizou o papel estratégico do Brasil como parceiro-chave da Rosatom na América Latina. A estatal coopera com o Brasil em áreas prioritárias como medicina e energia.

Após licitações públicas, a Rosatom conquistou o direito de fornecer produtos do ciclo do combustível nuclear para a produção de combustível para a única usina nuclear do país, a Usina Nuclear de Angra. Além disso, com base em contratos de longo prazo,

a Rosatom fornece ao Brasil produtos isotópicos para medicina nuclear, contribuindo assim para o diagnóstico e tratamento do câncer. A Rosatom está entre as cinco maiores fornecedoras globais de produtos isotópicos para medicina nuclear e, devido à variedade de isótopos produzidos, é incomparável no mercado global. A Rosatom não apenas produz e fornece isótopos médicos e radiofármacos, mas também cria soluções médicas completas e prontas para uso, como centros de medicina nuclear. A Rosatom está atualmente construindo um desses centros na Bolívia. Os radiofármacos produzidos no Centro de Pesquisa e Tecnologia Nuclear permitirão mais de 5.000 procedimentos de diagnóstico e tratamento de câncer anualmente. Em um futuro próximo, o centro atingirá sua capacidade operacional máxima.

A Rosatom oferece aos seus parceiros estrangeiros sua experiência e conhecimento acumulados no campo das tecnologias nucleares e está explorandoativamente a possibilidade de introduzir seus equipamentos em mercados estrangeiros, incluindo a América Latina.