



5^a CONFERÊNCIA NACIONAL DE CT&I

SUBSÍDIOS À ESTRATÉGIA BRASILEIRA PARA O SETOR NUCLEAR



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO





CONFERÊNCIA NACIONAL DE CT&I

**SUBSÍDIOS À ESTRATÉGIA
BRASILEIRA PARA
O SETOR NUCLEAR**



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



Rio de Janeiro, 2024

Presidente da República
Luiz Inácio Lula da Silva

Ministra da Ciência, Tecnologia e Inovação
Luciana Barbosa de Oliveira Santos

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

Presidente
Francisco Rondinelli Júnior

Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento
Wilson Aparecido Parejo Calvo

Diretor de Gestão Institucional
Pedro Maffia da Silva

Diretor de Radioproteção e Segurança Nuclear
Alessandro Facure

Chefe de Gabinete
Rogério Mamão Gouveia

Coordenação de Comunicação Social
Ana Paula Freire Artaxo Netto

Organização
Fabio Menani Pereira Lima

Projeto Gráfico
Mário Lima

Fotos
Bianca Wendhausen

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	7
SUBTEMA 1 - PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO	13
Mesa Tema 1 - Mecanismos de transferência tecnológica, Inovação e Empreendedorismo	14
Mesa Tema 2 - Instrumentos de fomento, Cooperações nacionais e internacionais	22
Iniciativas Propostas - Subtema 1	29
SUBTEMA 2 - USOS SOCIOECONÔMICOS DA TECNOLOGIA NUCLEAR	31
Mesa Tema 1 - Geração de energia, SMR, Fusão nuclear	32
Mesa Tema 2 - Indústria, Saúde, Agronegócio, Meio ambiente, Cultura	40
Iniciativas Propostas - Subtema 2	46
SUBTEMA 3 - PROGRAMAS E PROJETOS ESTRATÉGICOS NACIONAIS	49
Mesa Tema 1 - Ciclo do combustível e Minerais estratégicos	50
Mesa Tema 2 - RMB, CENTENA, LABGENE, PROSUB	58
Iniciativas Propostas - Subtema 3	67
SUBTEMA 4 - ENSINO, FORMAÇÃO ESPECIALIZADA, MERCADO DE TRABALHO E COMUNICAÇÃO PÚBLICA	69
Mesa Tema 1 - Mecanismos de formação, Empregabilidade e Jovens lideranças	70
Mesa Tema 2 - Percepção pública	78
Iniciativas Propostas - Subtema 4	85
CONCLUSÃO	86

5ª
CONFERÊNCIA
NACIONAL DE
CT&I

**CONFERÊNCIA TEMÁTICA
CIÊNCIA E
TECNOLOGIA NUCLEAR**

**PARA UM BRASIL JUSTO,
SUSTENTÁVEL E DESENVOLVIDO**

20 e 21 de Março de 2024 - 9h às 18h

Auditório Carneiro Felipe - CNEN/Sede

CGEE
Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

**MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO**

**GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO**

APRESENTAÇÃO

A Conferência Temática de Ciência e Tecnologia Nuclear, realizada no Auditório Carneiro Felipe da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), durante os dias 20 e 21 de março de 2024, representou um marco significativo para o planejamento dos projetos e atividades desenvolvidas na área nuclear. Reunindo especialistas, acadêmicos e profissionais de todo o Brasil, o evento proporcionou importante fórum para a discussão sobre os avanços, desafios e perspectivas futuras na área nuclear, em geral, e para o Brasil em particular.

A Conferência Temática de Ciência e Tecnologia Nuclear fez parte do conjunto de conferências preparatórias para a V Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (V CNCTI), agendada para ocorrer em Brasília nos dias 30 e 31 de julho e 01 de agosto de 2024. Com o tema “Ciência, Tecnologia e Inovação para um Brasil Justo, Sustentável e Desenvolvido” essa Conferência tem como objetivo principal propor recomendações para a elaboração de uma nova Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) para o período de 2024-2030.

O tema central da V CNCTI, portanto, é abordado a partir dos eixos estruturantes que orientam a ENCTI 2024-2030:

1. Recuperação, expansão e consolidação do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI);
2. Reindustrialização em novas bases e apoio à inovação nas empresas;
3. Ciência, tecnologia e inovação para programas e projetos estratégicos nacionais; e
4. Ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento social.

O setor nuclear está inserido na programação da V CNCTI, diretamente no Eixo 3 “C,T&I para programas e projetos estratégicos nacionais”. Entretanto, devido à sua natureza transversal, à multiplicidade de aplicações e aos evidentes benefícios gerados a partir de seus usos pacíficos, as discussões da Conferência Temática ocorreram sob a perspectiva da contribuição do setor nuclear para os quatro eixos de desenvolvimento propostos.

O evento temático foi organizado pela Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento (DPD) da CNEN e seguiu o roteiro básico elaborado pela Comissão Executiva da Conferência Nacional. De partida, após reunião preparatória ocorrida no Instituto de Engenharia Nuclear (IEN/CNEN), no Rio de Janeiro-RJ, no dia 01/02/2024, foi elaborado um formulário eletrônico com intuito de captar as contribuições de diversas instituições e diversos atores que atuam na área nuclear. Estas contribuições foram estruturadas em cadernos de respostas e serviram de material no qual os palestrantes deveriam estruturar suas apresentações, como forma de orientar o debate. Ou seja, isto permitiu que os principais pontos abordados nas respostas do formulário eletrônico fossem apresentados e incorporados às discussões durante o evento.

A comissão organizadora da Conferência Temática de Ciência e Tecnologia Nuclear definiu quatro subtemas, cada um com duas mesas de debates. Estes reuniram especialistas em torno de questões relevantes para o setor, proporcionando o desenvolvimento de análises abrangentes e multifacetadas. Em todas as mesas houve participação do público presente dentro do tempo estipulado para o debate.

Importante destacar que o atual cenário da Energia Nuclear e suas aplicações é marcado por uma complexa interseção de desafios e oportunidades, com preocupações de segurança e não proliferação de armas nucleares, bem como por um elevado potencial para avanços tecnológicos transformadores. Há perspectivas para os próximos anos de um aumento significativo do uso da tecnologia nuclear, tanto no Brasil quanto no exterior. Desta forma, é muito importante o país estar preparado para aproveitar as oportunidades advindas da necessidade de soluções energéticas sustentáveis no contexto da agenda de descarbonização.

Fatores como conclusão e início das operações da Usina de Angra 3 e da mineração de urânio e fosfato em Santa Quitéria-CE indicam um contexto em evolução que demanda uma abordagem abrangente e estratégica. O avanço na implementação de projetos estruturantes na área nuclear como, por exemplo, o projeto do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) e do Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica (LABGENE), a concepção e o planejamento do Centro Tecnológico Nuclear e Ambiental (CENTENA) e do Laboratório de Fusão Nuclear (LFN), também contribuem positivamente para expansão da tecnologia nuclear no país.

A pesquisa e o desenvolvimento tecnológico na área nuclear desempenham um papel crucial na construção de uma matriz energética abrangente, sustentável e eficaz. Para além de sua apli-

cação na geração de eletricidade, a tecnologia nuclear possui uma ampla variedade de usos socioeconômicos na indústria, saúde, agricultura, meio ambiente e na cultura que requerem pesquisas científicas e tecnológicas contínuas. Investimentos em C,T&I no setor nuclear impulsionam o progresso científico, criam empregos e fortalecem a economia. Todos esses temas foram amplamente discutidos nos dois dias deste importante evento.

O presente documento tem como intuito capturar as ideias, sugestões e insights compartilhados durante as reuniões realizadas no auditório da CNEN, oferecendo uma visão concisa e informativa das discussões e contribuições dos participantes. Nele são destacados os principais temas discutidos, algumas das conclusões alcançadas e as sugestões em C,T&I na área nuclear. Espera-se que esta publicação sirva como fonte valiosa de informação e também como inspiração para todos os interessados no desenvolvimento e aplicação da energia nuclear para o bem-estar da sociedade.

O objetivo principal do presente relatório é servir de subsídio para elaboração da estratégia para ampliação das atividades de P,D&I do setor nuclear no Brasil, visando a exploração segura e econômica do potencial científico, tecnológico e inovativo do país, em todos os campos de aplicação da tecnologia nuclear para fins pacíficos.

Em seus quase 70 anos de existência, a CNEN orgulha-se de atuar nesse momento histórico para o Brasil, contribuindo para que o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) obtenha insumos qualificados para o exercício de sua competência legal no campo da Política Nacional de Energia Nuclear. Afinal, a ciência e a tecnologia nucleares têm muito para seguir contribuindo para o fortalecimento de um Brasil Justo, Sustentável e Desenvolvido.

A Conferência Temática Nuclear em Números

DADOS GERAIS SOBRE O EVENTO

NÚMERO DE SUBTEMAS: 4
NÚMERO DE MESAS: 8
NÚMERO DE PALESTRANTES: 44
NÚMERO DE INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES: 28
QUANTIDADE DE HORAS: 20
QUANTIDADE DE PARTICIPANTES POR DIA PRESENCIAL: 20/03/24: 86 · 21/03/24: 73 REMOTO: 20/03/24 e 21/03/24: 299



SUBTEMA 1

**PESQUISA,
DESENVOLVIMENTO
& INOVAÇÃO**

MESA TEMA 1

Mecanismos de transferência tecnológica, Inovação e Empreendedorismo

PALESTRANTES E DEBATEDORES



Maurício Guedes
SEDEICS



Fabio Staude
CNEN



Daniela Lima
CNEN



Paula Lima
CIETEC



Marcos Toscano
IPEA

RESUMO DA SESSÃO

A primeira sessão da Conferência Temática abordou temas associados principalmente ao Eixo Estruturante 2 da ENCTI - Reindustrialização em novas bases e apoio à inovação nas empresas. Durante as apresentações foi comentado sobre a necessidade de revitalizar o setor industrial brasileiro, incorporando tecnologias avançadas e práticas sustentáveis. No contexto nuclear, foram discutidos tópicos relacionados aos mecanismos de promoção e apoio ao desenvolvimento tecnológico e a inovação nas empresas nacionais, os caminhos para melhor estruturação e expansão de complexos industriais tecnológicos no setor e estratégias para a ampliação das colaborações entre instituições de ciência e tecnologia (ICT) que atuam na área nuclear e em áreas correlatas com empresas públicas e privadas. Também foi abordada a possibilidade de expansão do uso dos variados instrumentos e mecanismos de fomento à inovação no país e a necessidade de elevação dos investimentos e expansão das atividades de P,D&I pelas empresas que atuam no setor ou que se utilizam de técnicas nucleares.

Durante as apresentações, ficou evidente que implementar inovação no âmbito nuclear apresenta desafios complexos. Entre eles estão culturas organizacionais resistentes à mudança, a importância de lideranças comprometidas em impulsionar iniciativas inovadoras, a necessidade de uma estratégia clara e bem definida para orientar os esforços, existência de barreiras burocráticas e dificuldades operacionais, além da limitação de recursos financeiros e humanos que resultam em carência de habilidades técnicas necessárias para impulsionar a inovação no setor nuclear.

A cultura organizacional que predomina no setor nuclear, em grande maioria, está enraizada em buscar valorizar a estabilidade e a previsibilidade em detrimento da experimentação e da criatividade. Além disso, a aversão ao risco dificulta a disseminação de ideias disruptivas.

Para ampliar o potencial de inovação no setor nuclear é preciso promover a cultura de inovação a partir do encorajamento da experimentação controlada e do aprendizado com os erros, incentivando a colaboração entre equipes multidisciplinares e promovendo a diversidade de pensamento. Assim, se faz necessária a ação de lideranças comprometidas em promover a cultura da inovação, que tenham uma visão multifacetada, aberta a possibilidade de incorporação de diversos mecanismos de incentivos existentes no país.

Durante o evento foi ressaltada a importância de aproveitamento em toda a sua plenitude das oportunidades proporcionadas pelo Marco Legal de C&T, instituído pela Lei nº 13.243/2016 e regulamentado pelo Decreto nº 9.283/2018. Há um desafio de compreensão de maneira uniforme e homogênea entre os atores do SNCTI com relação à respectiva lei e ao decreto. Neste sentido, é importante envolver os órgãos de assessoramento jurídico e de controle, para que tenham a mesma compreensão da aplicação da referida legislação.

Entre os instrumentos que precisam ser utilizados em toda a sua potencialidade pelo setor nuclear estão, ainda: os acordos de parceria para P,D&I; a prestação de serviços técnicos especializados; os contratos de transferência de tecnologia; e o apoio a criação de ambientes promotores de inovação (cessão de instalações laboratoriais e/ou compartilhamento de infraestrutura).

Os acordos de parceria possibilitam a realização de atividades conjuntas de P,D&I, permitindo que as empresas exerçam seus programas de inovação a partir de demandas por soluções tecno-



lógicas que podem ser atendidas pelas ICT. Há acordos de parceria atualmente vigentes no setor nuclear, porém muito aquém da enorme gama de possibilidades, decorrentes das competências estabelecidas nas unidades técnico científicas (UTC) da CNEN.

Os serviços técnicos especializados oferecidos pelas ICT públicas, por sua vez, envolvem atividades como testes, certificações, consultorias e análises que utilizam a infraestrutura e a expertise dessas instituições. O objetivo principal neste caso é proporcionar maior competitividade às empresas e apoiar as instituições públicas em seus processos de inovação. Além disso, esses serviços ajudam a manter e a desenvolver a infraestrutura de pesquisa e ensino destas ICT, promovendo uma interação contínua e benéfica. Este instrumento precisa ser fortalecido na área nuclear e a sua utilização de forma plena trará um ganho substancial tanto para a ICT, quanto para as empresas usuárias.

Os contratos de transferência de tecnologia são instrumentos jurídicos que têm como objetivo possibilitar que as tecnologias desenvolvidas pela instituição de pesquisa possam ser utilizadas para fins comerciais. São elos efetivos entre a pesquisa científica e as empresas, proporcionando a oportunidade de levar inovação para o mercado. Esses contratos podem ou não envolver direitos de propriedade intelectual e podem ocorrer de forma direta, quando a tecnologia é explorada pelo próprio titular, ou de forma indireta, mediante licenciamento ou cessão a terceiros.

Aspectos técnicos, econômicos, legais e de confidencialidade são fundamentais na estrutura desses contratos, que buscam assegurar uma negociação clara e precisa entre as partes envolvidas. Durante as apresentações, foi destacado que somente a partir do fortalecimento de mecanismos de transferência tecnológica, criando, por exemplo, plataformas de colaboração com a indústria e outros setores, será possível impulsionar a comercialização de inovações no setor nuclear.

Sobre a criação de ambientes promotores de inovação, mediante cessão de instalações ou compartilhamento de uso de infraestrutura, é importante incentivar que ações sejam tomadas no sentido de estimular essas iniciativas. O marco legal permite também que os laboratórios, equipamentos, instrumentos, materiais e demais instalações existentes nas dependências de uma ICT pública sejam utilizadas por outras ICT (públicas e privadas), empresas ou pessoas (físicas e jurídicas). Esse instrumento visa o fortalecimento da colaboração e cooperação entre entidades públicas e privadas, potencializando a geração do conhecimento e de soluções tecnológicas, a transferência de tecnologia e o empreendedorismo inovador.

Outro ponto abordado foi a importância em incentivar a criação de *startups* e de *spin-offs* na área nuclear. As startups no setor nuclear promovem o empreendedorismo e criam um ambiente propício para o desenvolvimento de talentos e a criação de empregos. Isso é especialmente importante para atrair jovens profissionais para o campo nuclear e garantir uma base sólida de especialistas no futuro. Os *spin-offs* derivados das instituições de pesquisa da área nuclear podem carregar grande intensidade do conhecimento científico com elevado conteúdo tecnológico e de alto valor agregado. O empreendedorismo de base tecnológica é também uma forma de retenção dos jovens talentos no país.

Outra recomendação pontuada no formulário de coleta de contribuições foi que a área nuclear deve aprimorar o uso de fundações de apoio para aproveitar todas as suas potencialidades. Os recursos provenientes da permissão, autorização ou concessão do uso da infraestrutura de pesquisa, bem como da prestação de serviços técnicos especializados, podem ser recebidos por fundação de apoio como receitas próprias e devem ser aplicadas em objetivos institucionais de P,D&I incluindo a carteira de projetos institucionais e a gestão da política de inovação da ICT.

Complementarmente, observou-se a necessidade de se estabelecer políticas de P&D e de formação especializada, além de um programa integrado de gestão do conhecimento para a área nuclear. Esses tópicos foram discutidos em mesas específicas e serão detalhados neste documento.

A estrutura insuficiente dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT) também foi lembrada como entrave à implementação de ações sistemáticas, principalmente aquelas associadas à gestão de contratos e parcerias com empresas do setor privado. Ficou evidente que é preciso fortalecer essas estruturas de apoio à inovação mediante a contratação de pessoal capacitado e infraestrutura adequada. Neste último ponto seria importante que o Governo Federal pensasse na possibilidade de criação de carreiras específicas para gestores de inovação para atuarem diretamente nos NIT.

Foi defendido durante a apresentação a necessidade de fomentar um setor privado robusto que possibilite a transferência de tecnologia e a inovação contínua. Neste sentido, inicialmente, seria necessária a criação de um ecossistema industrial vigoroso mediante políticas públicas que incentivem investimentos, parcerias entre ICT e empresas, e o desenvolvimento de uma cadeia de suprimentos nacional que atue com eficiência. Há diversos instrumentos de promoção de inovação nas empresas, que precisam ser utilizados de forma coordenada no setor nuclear. Com isso, seria possível gerar efeitos econômicos multiplicadores, impulsionando a economia e promovendo um



desenvolvimento sustentável e tecnológico da área nuclear. Importante ressaltar que a inovação é o motor do desenvolvimento econômico e social, pois estimula a competitividade, incentiva a criatividade, promove a transformação e o progresso.

Foi sugerido, como forma de atrair investimentos privados no setor nuclear, repensar o modelo de governança do setor, a partir da mudança de legislação, principalmente em atividades que atualmente estão em regime de monopólio.

Durante a sessão foi sugerido o fortalecimento da coordenação executiva em P,D&I da área nuclear, visando alavancar iniciativas inovadoras e envidar esforços em uma estratégia de inovação nuclear que seja robusta e que reúna várias entidades e pessoas. Esta coordenação executiva teria como finalidade possibilitar uma maior integração e maior eficiência evitando a duplicação de esforços e garantindo que os recursos sejam alocados de maneira eficiente para projetos prioritários, alinhando os objetivos de P&D com as metas estratégicas e as necessidades do setor nuclear,



garantindo que os esforços de pesquisa estejam focados nos desafios mais prementes e nas oportunidades de inovação.

Adicionalmente, foi defendida pelos participantes a importância de se estabelecer um planejamento de longo prazo para a área nuclear do país, pois o desenvolvimento e a utilização da energia nuclear têm implicações significativas não apenas no presente, mas também no futuro do Brasil, tanto em termos de segurança energética quanto de desenvolvimento econômico e tecnológico. Este planejamento se consolidaria em um Programa Nuclear Brasileiro (PrNB), construído com a participação das diversas instituições do setor e estabelecido a partir de uma visão estratégica abrangente capaz de orientar as políticas, investimentos e iniciativas na área nuclear, incluindo metas claras e mensuráveis, cronogramas realistas e alocação adequada de recursos humanos e financeiros.

Outra questão abordada foi sobre a necessidade de maior compreensão da classe política sobre a importância do setor nuclear no Brasil, a fim evidenciar seu potencial estratégico para o desenvolvimento nacional. O setor nuclear pode ser demonstrado como essencial para o país a partir de suas contribuições, por exemplo, para a segurança energética, para a medicina nuclear e para a defesa nacional, assim como em tantas outras aplicações. Neste sentido, é necessário ficar claro e ser comunicado de maneira eficaz, para quais missões o setor nuclear pode contribuir de forma direta para o desenvolvimento nacional e para o bem-estar da população.

MESA TEMA 2

Instrumentos de fomento, Cooperações nacionais e internacionais

PALESTRANTES E DEBATEDORES



Carlos Aragão
FINEP



Helen Khoury
UFPE



Joana Azambuja
CNEN



Aquilino Senra
COPPE



Luiz Martins de Melo
IE-UFRJ



Isolda Costa
CNEN

RESUMO DA SESSÃO

Devido ao encadeamento dos temas, muitas das discussões realizadas na primeira mesa transbordaram para a sessão seguinte. Foram abordadas, resumidamente, a necessidade de ampliação dos investimentos em P&D na área nuclear no Brasil, formas de melhorar a utilização de mecanismos de cooperação nacionais e internacionais existentes, as dificuldades enfrentadas na transferência de tecnologia do laboratório para a indústria, e estratégias de aumentar o estímulo ao empreendedorismo no setor. Foi destacada também a necessidade de orientar os projetos de P&D e estímulo à inovação para a resolução de grandes problemas nacionais e globais.

Outro destaque foi de que os investimentos em tecnologias nucleares geralmente são vultosos e com resultados apenas a médio ou longo prazo, enfrentando uma complexidade inerente ao lidar com tecnologias sensíveis e de domínio restrito. Há claras dificuldades decorrentes de barreiras regulatórias e à necessidade de investimentos substanciais para a comercialização de novas tecnologias. Devido a isto, há a necessidade de estabelecer mecanismos que auxiliem a sustentabilidade financeira dos projetos de P&D e estímulo à inovação no setor nuclear. Algumas alternativas propostas neste sentido foram: diversificação das fontes de financiamento, ampliação de benefícios fiscais, criação de incentivos para parcerias público-privadas e o estabelecimento de fundos de investimento específicos para a área nuclear.

Um ponto bastante importante ressaltado nessa mesa foi a sobre a urgência em recuperar e modernizar a infraestrutura de pesquisa na área nuclear mediante reparo e aquisição de novos equipamentos de ponta, respectivamente. Nesse sentido, foi destacada fortemente a retomada dos investimentos públicos por parte da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), mediante o lançamento de editais intitulados Pró-infra Expansão 2023, Pró-infra Recuperação e Pró-infra Temático, totalizam R\$ 1,2 bilhão em recursos não-reembolsáveis do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT).

Instituições do setor nuclear submeteram projetos nesses editais, inclusive no Pró-Infra Temático que tem como objetivo aliar o financiamento à implantação e melhoria da infraestrutura a projetos de pesquisa que necessitem de fomento para seu desenvolvimento. Foi comunicado



Os entraves apontados precisam ser superados, pois fortalecer colaborações em pesquisa com as empresas, não apenas possibilita o aumento do impacto econômico das pesquisas, mas também permite a diversificação das fontes de financiamento por meio de investimentos privados.

Foi abordada também a necessidade de ampliar o estímulo à inovação no setor nuclear, destacando a falta de incentivo ao empreendedorismo durante o ensino nas universidades e nos institutos de pesquisa. Foi sugerido a criação de um modelo de “doutor empreendedor” para desenvolver tecnologia e produtos para empresas. A consolidação de uma Unidade Embrapii na CNEN voltada ao desenvolvimento tecnológico nuclear também traria grande ganho para o setor como um todo. O financiamento de projetos via Embrapii, mediante mecanismos de compartilhamento de custos e de riscos, possibilitaria o avanço da tecnologia, impulsionando parcerias entre empresas e instituições de pesquisa.

A criação de centros de excelência, consórcios e maior inserção em redes de pesquisa nacionais e internacionais foram lembrados como forma de fortalecer a capacidade de desenvolvimento científico e a inovação na área nuclear. O desenvolvimento de mecanismos de garantia de risco, como mencionado, e o oferecimento de incentivos fiscais também são medidas essenciais. Ainda que de forma breve, estas foram levantadas como forma de impulsionar a atração de investimentos privados e reduzir os custos de capital dos projetos nucleares.

Os debatedores defenderam de forma consensual a necessidade de focar em propostas e soluções para os problemas mais relevantes, priorizando as grandes questões nacionais e o desenvolvimento tecnológico de alto impacto, em benefício da sociedade.

Uma iniciativa concreta sugerida nesse sentido seria utilizar a base existente no Diretório do Grupo de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para formação de redes de pesquisa com a finalidade de subsidiar a formulação de políticas e estratégias associadas ao enfrentamento dos grandes problemas nacionais. Uma análise abrangente dos grupos de pesquisa e das oportunidades do setor pode facilitar a cooperação em torno dos temas mais relevantes. Isto pode ser viabilizado mediante o estabelecimento de parceria com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).

Foi destacado também que o avanço na implementação dos projetos de arraste como, por exemplo, o do RMB e do LABGENE, ambos pela natureza estratégica, contribuem para o

que a FINEP pretende dar continuidade nos próximos anos, com o lançamento de novos editais voltados à recuperação e expansão da infraestrutura de P&D, notícia muito positiva para o setor nuclear.

A importância do fortalecimento das colaborações em P,D&I, a partir de uma maior integração entre universidades, as ICT e empresas públicas e privadas do setor nuclear também foi abordada. Durante os debates ficou claro que a natureza pública das instituições de pesquisa e das universidades dificulta a cooperação com empresas privadas devido a entraves burocráticos, tais como regulamentações governamentais e lentidão nos processos de aprovação de financiamento e de formalização dos instrumentos das parcerias. Essa burocracia adicional torna ainda mais desafiador para as instituições públicas nucleares acompanharem o ritmo das demandas e necessidades das empresas.

desenvolvimento de outras tecnologias correlatas e o progresso científico e tecnológico de forma mais ampla no setor.

Assim como na mesa anterior, foi tratada como essencial a promoção de uma cultura de inovação e colaboração, valorizando a criatividade e o compartilhamento de conhecimentos. Uma sugestão que surgiu foi a criação de programas de intercâmbio para colaboração com parceiros estratégicos, tanto em âmbito nacional quanto internacional. Manter-se atualizado com as constantes inovações no campo nuclear é um desafio, especialmente diante de restrições orçamentárias, requerendo investimento em capacitação e treinamento de recursos humanos especializados. Os participantes do programa de intercâmbio teriam possibilidade de criação de uma rede de contatos internacionais que pode ser valiosa para futuras parcerias acadêmicas e colaborações profissionais.

Foram relatadas algumas oportunidades de colaboração nas áreas de desenvolvimento de novas tecnologias de reatores nucleares avançados e modulares, na área de segurança e proteção radiológica, em gestão de rejeitos nucleares (tratamento e disposição segura) e em aplicações nucleares na área da saúde, indústria e meio-ambiente. Como mencionado, há oportunidade de colaboração também na educação e formação de recursos humanos, seja na oferta de programas conjuntos de ensino, como em treinamento e capacitação para o setor.

Com relação à cooperação internacional, foi ressaltada a importância de aproveitar programas existentes que oferecem financiamento e apoio técnico para projetos de pesquisa nuclear. A cooperação internacional promove a troca de ideias e perspectivas entre pesquisadores de diferentes países, o que pode levar a um maior avanço tecnológico e inovação. Novas abordagens e soluções podem surgir a partir da colaboração entre especialistas de diferentes origens. Outro benefício advém da ampliação das fontes de financiamento, não se restringindo a fundos locais. A cooperação internacional promove também a colaboração em torno de desafios globais. Muitos dos desafios enfrentados no campo nuclear, como a segurança, a não proliferação de armas, a gestão de resíduos e a transição energética, são questões globais que requerem uma abordagem colaborativa e coordenada entre os países. A Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) desempenha um papel de alta relevância neste sentido, sendo fundamental aproveitar as oportunidades de cooperação oferecidas pela AIEA.

Ficou claro durante as apresentações, que o Brasil reconhece a importância da cooperação técnica internacional, especialmente através do Programa de Cooperação Técnica da AIEA. Este

programa é estratégico para o desenvolvimento e aplicação de energia nuclear para fins pacíficos no Brasil. Em 2024, o país vai elaborar uma nova versão do *Country Programme Framework (CPF)*, documento de referência de definição de áreas prioritárias para cooperação técnica com a AIEA.

Cabe ressaltar que o Brasil é signatário de diversos tratados internacionais e acordos multilaterais, incluindo: Tratado de Tlatelolco, Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP), Convenção sobre Segurança Nuclear e a Convenção sobre a Proteção Física do Material Nuclear. Além dos acordos multilaterais, o Brasil possui acordos bilaterais de cooperação nuclear com diversos países, como Argentina, Alemanha, França, Estados Unidos, e China. Estes acordos visam o desenvolvimento e uso de aplicações pacíficas da energia nuclear.





Adicionalmente, é preciso registrar que os programas de internacionalização das instituições do setor nuclear brasileiro vêm permitindo avanço nas cooperações científicas, tecnológicas e acadêmicas com instituições estrangeiras, potencializando as interações e fortalecendo as competências por meio de uma maior inserção em redes internacionais de pesquisa. Os programas de internacionalização permitem o intercâmbio de alunos e técnicos, viabilizando o contato com pesquisas de ponta e tecnologias atuais, contribuindo com o desenvolvimento científico e tecnológico e com a formação de recursos humanos de alto nível.

Foi ressaltado também que a ausência de um arcabouço legal, que acompanhe os avanços tecnológicos, pode limitar a exploração de novas aplicações nucleares e a adoção de inovações. Desta forma, trabalhar em consonância com padrões e diretrizes internacionais pode facilitar tanto a cooperação técnica quanto o próprio comércio de tecnologias nucleares.

SUBTEMA 1

Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

INICIATIVAS PROPOSTAS

Elaborar de forma participativa o Programa Nuclear Brasileiro

Difundir a cultura da inovação no setor nuclear

Utilizar em sua plenitude os instrumentos de apoio à inovação

Estimular a inovação no setor privado nuclear

Intensificar a cooperação nacional e internacional

Fomentar o empreendedorismo, a criação de *startups* e outros *spin-offs*

Formar redes de pesquisa para enfrentamento dos problemas nacionais e globais

Consolidar a implementação de uma Unidade Embrapii no setor nuclear

Modernizar a infraestrutura de P&D nas ICT nucleares

Estruturar os NIT para ampliar o apoio a Inovação

Otimizar o uso de Fundação de Apoio

SUBTEMA 2

USOS SOCIOECONÔMICOS DA TECNOLOGIA NUCLEAR

MESA TEMA 1

Geração de energia, SMR, Fusão nuclear

PALESTRANTES E DEBATEDORES



Luís Felipe Giesteira
MDIC



Leonam Guimarães
AMAZUL



Gustavo Canal
IFUSP



Anna Letícia Barbosa Souza
CNEN



Pedro Maffia
CNEN

RESUMO DA SESSÃO

Essa sessão abordou primeiramente o uso da energia nuclear como uma opção com baixa pegada de carbono, considerando-a uma fonte importante de energia de base, capaz de fornecer eletricidade contínua, independentemente de condições climáticas ou de sazonalidades, diferentemente de fontes renováveis como hidrelétricas, solar e eólica, cuja geração é de natureza intermitente. Além disso, o urânio, sua principal fonte de combustível, é abundante no solo brasileiro.

No Brasil, a energia nuclear desempenha um papel importante na matriz energética do país. O país opera duas usinas nucleares, Angra 1 e Angra 2, localizadas no estado do Rio de Janeiro, e encontra-se em processo de construção de uma terceira, Angra 3. As usinas em operação são responsáveis por aproximadamente 3% da energia elétrica produzida no país, contribuindo para a diversificação da matriz elétrica e para a segurança energética nacional.

Um dos principais desafios destacados durante o evento foi relacionado ao alto custo de investimento associado à construção de novas usinas nucleares, demandando recursos significativos e um longo período de planejamento e construção, algo especialmente desafiador em contextos econômicos incertos.

Importante ressaltar que há um esforço contínuo de aperfeiçoamento na tecnologia relativa ao processo de geração de energia elétrica por usinas nucleares. Isso se reflete em melhorias no desempenho das usinas, na segurança e na proteção ao meio ambiente. O desenvolvimento de combustíveis nucleares avançados, capazes de operar em temperaturas mais altas e com maior eficiência termodinâmica, também é uma área promissora. A utilização de sistemas de monitoramento e controle de última geração permite otimizar a operação dos reatores, aumentando a eficiência e reduzindo o desperdício de energia.

A obsolescência e manutenção das usinas nucleares existentes também devem ser consideradas, pois requerem investimentos contínuos e conhecimento técnico avançado para garantir sua segurança e eficiência operacional. Atualmente, por exemplo, há projetos em curso voltados à extensão da vida útil da Usina de Angra 1. Isto só é possível porque foi implementado um programa contínuo de melhoria tecnológica pela Eletronuclear.

Além disso, a gestão segura dos resíduos radioativos é uma preocupação persistente, que exige soluções de longo prazo para o armazenamento e disposição adequada. Neste sentido, é de alta relevância investir em projetos de P&D voltados para técnicas de gerenciamento e armazenamento dos resíduos, minimizando os riscos de contaminação e impacto ambiental. Há um vasto campo de desenvolvimento que envolve materiais avançados para contenção de resíduos, métodos de partição e transmutação para reduzir a radioatividade e o volume dos rejeitos, além de tecnologias para reprocessamento e reciclagem de combustível exaurido. Sob essa perspectiva avaliou-se de extrema importância que o Brasil avance com a implementação do Projeto do Centro Tecnológico Nuclear e Ambiental (CENTENA).

O debate evoluiu para a necessidade de investimento em tecnologias de *Small Modular Reactors* (SMR). Os SMR são reatores de nova geração capazes de produzir até 300 MW de eletricidade e seus componentes podem ser transportados para os locais de implantação como módulos pré-fabricados. A implantação dos módulos adicionais pode ocorrer ao longo do tempo, à medida do crescimento da demanda. Essa nova geração de reatores representa um significativo avanço na tecnologia nuclear prometendo maior flexibilidade, maior segurança, custos mais baixos, melhor viabilidade de financiamento, melhor compatibilidade com redes elétricas nacionais de porte limitado e riscos de projeto reduzidos.

Outro ponto levantado com relação a esses reatores modulares foi sobre a vantagem de permitir um substancial processo de descentralização da produção de energia, adequada para regiões remotas ou para complementar redes elétricas existentes. Ademais, com a autoprodução será possível gerar localmente energia para grandes consumidores, a exemplo de indústrias intensivas em energia ou mesmo instalação física de data centers. Estes pequenos reatores têm potencial para serem utilizados não apenas para a geração de energia elétrica, mas também para produção de calor para processos industriais, dessalinização de água e produção de hidrogênio, por exemplo.

Importante ressaltar que há mais de 85 modelos de SMR em desenvolvimento. A grande maioria está em busca de demonstração de viabilidade técnica e comercial. Um desafio chave é determinar quantos projetos de SMR terão um mercado grande o suficiente para justificar a produção em fábrica por linha de montagem.

Avaliou-se imprescindível que o Brasil avance na pesquisa em SMR, principalmente na cadeia de suprimentos a partir do conhecimento adquirido no desenvolvimento do HALEU, combustível



com urânio enriquecido abaixo de 19,75%. Grande parte dos conceitos de combustíveis para SMR estão considerando o uso do HALEU. O Brasil está, assim, diante de uma grande oportunidade de ser um produtor e exportador de combustível para os SMR.

Durante as apresentações foi acrescentado que é preciso que ocorra, paralelamente ao desenvolvimento dessas novas tecnologias, o avanço do ponto de vista regulatório. Foi visto como salutar a revisão periódica das regulamentações para abranger tecnologias emergentes, como SMR e fusão nuclear. Uma medida importante, nesse sentido, seria a harmonização das regulamentações de licenciamento de SMR em todos os países potenciais utilizadores, sob a coordenação da AIEA.

Também foi considerada importante a possibilidade de aplicação da energia nuclear no espaço, mediante a utilização de micro reatores para equipar sondas e satélites. Foi citado também o desenvolvimento inicial de bateria nuclear, em parceria com a Petrobrás, para ser utilizado em plataformas de petróleo.

No que diz respeito à fusão nuclear, houve a defesa de que possui um enorme potencial de se tornar, no futuro próximo, uma fonte primária de energia perene, de baixo impacto ambiental, segura e por utilizar combustíveis com reservas praticamente inesgotáveis (deutério e lítio).

Discutiu-se o estágio atual da pesquisa sobre fusão no país e a necessidade de estabelecer um programa específico. Em meados de 2021, o MCTI recebeu a proposta para um Programa Nacional de Fusão Nuclear (PNFN), delineando diretrizes e ações de curto, médio e longo prazos para viabilizar esse desenvolvimento como fonte de energia e integrá-la à matriz energética no futuro. A formalização do PNFN pelo MCTI foi vista como crucial. Enquanto isso não ocorre, medidas estão sendo implementadas para não interromper o avanço científico e tecnológico na área de fusão no País.

Essas medidas estão fundamentadas em três pilares essenciais: (1) a instalação do Laboratório de Fusão Nuclear (LFN) da CNEN em Iperó-SP, no sítio do Empreendimento do RMB, com o projeto executivo concluído e aguardando recursos da ordem de R\$120 milhões para sua construção e início de operação com sua máquina inaugural; (2) a formação e o treinamento de mão-de-obra



altamente qualificada em tecnologias associadas à fusão nuclear; e (3) o progressivo envolvimento do setor privado nacional para absorver e dominar as tecnologias necessárias ao desenvolvimento da fusão nuclear.

A construção do LFN representa o marco inicial para que o Brasil adquira em breve o conhecimento técnico necessário para o desenvolvimento e a utilização de reatores de fusão nuclear para geração de energia. Os avanços alcançados nos últimos anos em tecnologias críticas para a fusão, como supercondutores de alta temperatura e novos materiais refratários, tornaram os tokamaks esféricos altamente atrativos para a construção imediata de um reator de fusão. Globalmente, o envolvimento crescente do setor privado nessa área demonstra um estágio de maturidade sem precedentes para a fusão nuclear.

Foi considerada como urgente que o Brasil estabeleça um PNFN robusto para continuar participando ativamente do desenvolvimento global nessa área e, em um futuro próximo, adquirir o domínio tecnológico necessário para projetar, construir e operar um reator de fusão nuclear, contribuindo assim para a geração de energia limpa e inesgotável.

Atualmente, há no Brasil três tokamaks utilizados para pesquisa em fusão nuclear. Um instalado no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP), outro, de geometria compacta ou tokamak esférico, no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em São José dos Campos-SP, e um terceiro instalado na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Há também uma real perspectiva de reativação da Rede Nacional de Fusão (RNF), sob a coordenação da CNEN. Algo importante, pois permitirá que pesquisadores de diferentes instituições trabalhem em sinergia em projetos comuns de fusão nuclear, acelerando o progresso científico e tecnológico necessários para a área.

Outro desafio presente é que o desenvolvimento da fusão nuclear requer instalações relativamente grandes, o corpo técnico significativo em número de pessoas e valores relativamente elevados para a manutenção e a realização dos experimentos. A formação da RNF ajudará a integrar os grupos de pesquisa, a somar esforços no desenvolvimento científico e tecnológico e na formação de pessoal qualificado para atuar no LFN.

Como exemplo de tecnologias que permeiam a fusão nuclear, foi citado o desenvolvimento de materiais avançados para a primeira parede de tokamaks, que também tem aplicação aeroes-

pacial e em siderurgia. Um outro nicho de mercado que a fusão nuclear poderá contribuir é o de volantes de inércia de alta capacidade, que são usados tanto como estabilizadores de rede quanto armazenadores de energia. Outra possibilidade de inovação futura utilizando a fusão nuclear pode se dar pelo desenvolvimento da tecnologia de supercondutores de alta temperatura, com diversas aplicações. As mais destacadas em usinas eólicas e sistemas de distribuição de energia em geral, motores navais, equipamentos de ressonância magnética nuclear e fabricação de supercondutores em geral. Há ainda possibilidade de inovação em materiais refratários de alta temperatura, ligas metálicas de baixa ativação por incidência de nêutrons de alta energia e avanços a serem obtidos na área de robótica.

Por fim, foi destacado que a utilização de tecnologia avançada na área nuclear impulsiona o desenvolvimento tecnológico nas universidades e ICT. Um efeito que transborda em alguma medida para a indústria convencional aumentando a qualidade dos produtos gerados em setores correlatos.



MESA TEMA 2

Indústria, Saúde, Agronegócio, Meio ambiente, Cultura

PALESTRANTES E DEBATEDORES



Aldo Malavasi
ex-IAEA



Francisco Rondinelli
CNEN



Priscila Brunelli
INCA



Carlos Freire
ABEN



Kita Chaves Damásio Macário
UFF



João Osso
ex-AIEA

RESUMO DA SESSÃO

A abordagem nesta sessão foi direcionada aos usos da energia nuclear para além da geração de energia elétrica. A expansão dos usos socioeconômicos da energia nuclear no Brasil é de extrema importância para a sociedade. Os resultados obtidos nos últimos anos são visíveis e auxiliam na aceitação pública da energia nuclear e suas aplicações, na saúde, no agronegócio, na indústria, no meio ambiente e na cultura. Para que esse avanço ocorra de forma mais rápida e abrangente é preciso elevar os investimentos em P,D&I, estabelecer maiores laços de cooperação nacional e internacional e manter diálogo aberto com a sociedade.

Na área da saúde, por exemplo, o Brasil enfrenta desafios significativos, incluindo a necessidade de expandir o acesso da população aos serviços de saúde e reduzir a dependência de tecnologias externas. Para lidar com esses desafios, é crucial implementar políticas direcionadas ao desenvolvimento científico e tecnológico, visando fortalecer as competências nacionais. Neste contexto o uso da energia nuclear na medicina é de extrema importância, especialmente no diagnóstico e tratamento de diversas doenças. As aplicações das radiações ionizantes são vastas na área da saúde, como na utilização de Raios-x para diagnóstico por radiografia e por tomografia computadorizada, como na radioterapia externa ou braquiterapia para tratamento oncológico ou mesmo mediante o uso de radiofármacos de medicina nuclear para terapia e diagnóstico de diversas doenças.

A medicina nuclear é uma especialidade que emprega pequenas quantidades de radiação para diagnósticos, tratamentos terapêuticos e suporte em procedimentos cirúrgicos. Ao contrário das técnicas de imagem tradicionais, como radiografias, ressonância magnética e ultrassonografia, a medicina nuclear foca na avaliação funcional dos tecidos e órgãos, examinando a fisiologia e o metabolismo do corpo. Esse procedimento utiliza radiofármacos, que são substâncias químicas com afinidades específicas por certos órgãos do corpo humano.

A medicina nuclear utiliza radiofármacos tanto para a realização de exames de imagem, como a tomografia por emissão de pósitrons, em inglês, *Positron Emission Tomography (PET)* e a cintilografia, que são essenciais para o diagnóstico preciso de várias condições médicas, como radiofármacos voltados ao tratamento médico. Além disso, os radiofármacos são utilizados em uma

variedade de terapias não-oncológicas, incluindo tratamentos para hipertireoidismo, artrite reumatoide, osteoartrite, dores ósseas, entre outros.

Os desafios voltados à medicina nuclear foram amplamente debatidos nesta sessão, foi enfatizado o desafio de democratizar o acesso aos procedimentos de medicina nuclear, aumentando a disponibilidade de diagnósticos e tratamentos para os usuários do Sistema Único de Saúde (SUS). Nesse sentido, poderia ser retomada a elaboração, de forma participativa, de um Plano Nacional de Expansão da Medicina Nuclear.

A superação do desafio da democratização do acesso passa pela necessidade de incorporação de novos procedimentos com radiofármacos no SUS; revisão dos valores da tabela SUS, criação de uma rede de pesquisa clínica em radiofarmácia com hospitais de referência, inclusive para condução de estudos clínicos com foco no interesse público; utilização de mecanismo de compra centralizada por parte do Ministério da Saúde, com destinação ao SUS; e ampliação da oferta de cursos de formação e capacitação técnicas para aumentar o número de profissionais que atuam na área. Na área específica de P,D&I há oportunidades em pesquisa em novos radiofármacos, principalmente voltados a terapias e em enriquecimento isotópico de alvos para produção de radioisótopos para medicina nuclear.

Outro ponto destacado foi a necessidade de uma maior aproximação dos produtores de radiofármacos com a ANVISA a fim de buscar um maior aperfeiçoamento das normas vigentes. Nesse quadro, a ausência de legislação sanitária aplicável às radiofarmácias hospitalares e centralizadas também foi mencionada.

Outro desafio posto foi com relação a obsolescência da infraestrutura voltada para P,D&I e para a produção, sendo necessário investimentos voltados à modernização das instalações existentes. Foi defendido que é preciso ampliar a infraestrutura e o investimento na produção nacional de radioisótopos, reduzindo a dependência de importações e garantido o fornecimento para aplicações médicas. A solução proposta para este caso passa em um primeiro momento pela modernização da infraestrutura existente e, a médio prazo, pela concretização do projeto do RMB.

A pesquisa e o desenvolvimento de novos radiofármacos podem proporcionar tratamentos mais eficazes para uma variedade de doenças, incluindo novos tipos de neoplasias atualmente difíceis de tratar. Como sugestão foi defendida a criação de linhas de financiamento específicas para a



pesquisa clínica com novos radiofármacos, pois a inovação nessa área pode levar a diagnósticos mais precisos e a terapias personalizadas. A exploração de novas modalidades de tratamento, como a terapia com feixe de nêutrons e a terapia com íons pesados, promete aumentar a eficácia dos tratamentos disponíveis, com menos efeitos colaterais em comparação com as técnicas convencionais.

Na indústria, as aplicações da radiação ionizante têm diferentes finalidades. Investimentos contínuos em P&D associados a essas aplicações podem elevar a qualidade da prestação de serviços tecnológicos, melhora em processos e como consequência aumento de produtividade. Entre as aplicações industriais mais conhecidas estão: realização de ensaios não-destrutivos, modificação de materiais poliméricos, preservação e desinfestação de produtos alimentícios e esterilização de produtos farmacêuticos, médicos e cirúrgicos.

No que se refere a irradiação de alimentos, importante ressaltar que esta é uma técnica utilizada para a preservação de alimentos e que contribui para a segurança alimentar, enfrentando desafios

globais como a demanda crescente por alimentos e a necessidade de reduzir perdas pós-colheita. Utilizando radiação ionizante, como raios gama, raios X e elétrons acelerados, essa tecnologia desinfesta, preserva e reduz a carga microbiana em uma variedade de alimentos, sem torná-los radioativos. A prática é regulamentada por normas internacionais para garantir a inocuidade e a preservação das propriedades nutricionais e sensoriais dos alimentos.

Esta técnica está em evidência no mundo, vários países a utilizam e o Brasil tem competência técnica estabelecida. Em um contexto de comércio internacional rigoroso com normas fitossanitárias, a irradiação de alimentos pode auxiliar nas exportações. O país está diante da oportunidade de instalar uma planta piloto voltada ao serviço de irradiação de alimentos para atendimento ao mercado externo.

Na área ambiental, há a difusão da aplicação de isótopos naturais em estudos de datação de sedimentos com Pb-210, a introdução da discussão dos resíduos tipo *NORM (Naturally Occurring Radioactive Material)* da indústria de óleo e gás no Brasil, o desenvolvimento de técnicas radioquímicas, em particular, Ra-226, Ra-228 e Pb-210 que são, atualmente, empregadas em muitos laboratórios no país e o tratamento de água. O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN) tem uma unidade de irradiação de feixe móvel para o tratamento de efluentes industriais.

O Brasil participa também do Programa NUTEC plastics, da AIEA. A ciência e a tecnologia nuclear podem desempenhar um papel crucial utilizando a irradiação no tratamento de plásticos existentes e torná-los aptos para reutilização, ampliando o potencial de reciclagem atual e possibilitando uma reutilização mais ampla e de maior valor. Além disso, a ciência nuclear pode ser utilizada para identificar, rastrear e monitorar plásticos no oceano, especialmente microplásticos.

A discussão sobre resíduos tipo NORM na indústria de óleo e gás merece destaque. Foi mencionado que ela já está estabelecida para atividades de mineração e metalurgia que processam minérios que contêm urânio e/ou tório. Mesmo em baixas concentrações, esses elementos podem gerar subprodutos, resíduos sólidos e efluentes líquidos com níveis significativos de radioatividade durante o processamento. A CNEN, por meio da Diretoria de Radioproteção e Segurança Nuclear (DRS), fiscaliza essas instalações e as classifica conforme a Norma CNEN 4.01, que trata de requisitos de segurança e proteção radiológica. As inspeções são realizadas periodicamente para garantir o cumprimento das normas.

Alguns resíduos são isentos de controle regulatório devido às baixas concentrações de radionuclídeos, permitindo seu uso ou comercialização. No entanto, o processamento industrial pode aumentar os níveis de radioatividade, sujeitando os materiais ao controle da CNEN como NORM. A disposição desses materiais deve seguir critérios específicos de gerenciamento de rejeitos, o que frequentemente representa um desafio para as instalações devido às grandes quantidades geradas. Algumas instalações estão desenvolvendo pesquisas para encontrar novas aplicações para esses materiais, embora enfrentem dificuldades técnicas. Diante desse desafio crescente, surge a oportunidade de avançar em P,D&I em resíduos NORM no Brasil.

É importante mencionar a contribuição do uso da radiação para a saúde e meio ambiente mediante o uso da técnica de esterilização de insetos machos, utilizando radiação gama ou Raios-x. Esta é uma técnica bastante promissora utilizada para controle biológico de pragas agrícolas e doenças transmitidas por insetos. Com relação ao controle de pragas auxilia na redução do uso de pesticidas químicos, com valioso ganho ambiental. Com relação ao controle de vetores de doenças se mostra eficaz no combate a viroses como Dengue, Zika e Chikungunya.

No campo cultural, o uso da radiação gama tem contribuído para preservação do patrimônio histórico, mediante a esterilização e desinfecção de obras de arte, acervos bibliográficos, entre outros bens culturais. Métodos tradicionais, como fumigação, são eficazes, mas têm sido restritos devido à toxicidade, inflamabilidade, efeitos cancerígenos, poluição ambiental e danos aos materiais. A esterilização com raio gama prolonga a vida dos produtos sem a necessidade de aditivos ou fumigação, eliminando microrganismos indesejáveis. Investimentos em P&D voltados à irradiação de patrimônio cultural são necessários para que a técnica seja aplicada com maior eficiência e de forma segura.

SUBTEMA 2

Usos Socioeconômicos da Tecnologia Nuclear

INICIATIVAS PROPOSTAS

Apoiar os estudos sobre a conclusão da Usina de Angra 3

Investir no desenvolvimento da cadeia de suprimentos para SMR

Reestruturar a Rede Nacional de Fusão Nuclear, consolidar o Programa Nacional de Fusão Nuclear e Implantar o Laboratório de Fusão Nuclear (LFN)

Modernizar instalações públicas produtoras de radioisótopos e radiofármacos

Investir em P,D&I em novos radiofármacos

Elaborar um Plano de Expansão da Medicina Nuclear no Brasil

Viabilizar a construção de uma planta piloto para irradiação de alimentos

Intensificar os esforços de P,D&I nos usos socioeconômicos da energia nuclear



SUBTEMA 3

**PROGRAMAS E PROJETOS
ESTRATÉGICOS NACIONAIS**

MESA TEMA 1

Ciclo do combustível e Minerais estratégicos

PALESTRANTES E DEBATEDORES



Luís Cláudio Farina

MB

Adauto Seixas

INB

Maximiliano Delany Martins

CNEN

John M A Forman

ex-NUCLEBRAS

André Conde

SAGAE-GSI

Hugo Polo

SGB

RESUMO DA SESSÃO

Esta sessão debateu os desafios e oportunidades decorrentes da pesquisa científica e do desenvolvimento tecnológico relativos ao conjunto de processos industriais que transformam o minério urânio no combustível que gera energia nos reatores nucleares de pesquisa e de potência. Além disso, foram discutidos outros temas relativos as pesquisas associadas e à lavra dos minerais estratégicos que o país possui.

Foi ressaltado que o Brasil é um país de destaque na área nuclear, pois é um dos pouquíssimos países do mundo, que tem reservas importantes de urânio, domina a tecnologia do ciclo do combustível, faz o enriquecimento isotópico do urânio, fabrica combustível nuclear, constrói e opera usinas de geração de energia elétrica. A presença de vastas reservas de urânio e a disponibilidade desse recurso natural dentro do país conferem uma vantagem estratégica ao Brasil. O país possui a sexta maior reserva global desse mineral, os recursos totais de urânio no Brasil excedem 1 milhão de toneladas.

Durante a sessão foi demonstrado o papel de extrema importância da Indústria Nucleares do Brasil (INB) nas atividades do ciclo do combustível nuclear. Foi declarada a necessidade de garantir recursos para nacionalização da etapa de conversão. Com um investimento estimado em R\$ 1,5 bilhão, para construção da Usina de Conversão (USICON), essa etapa permitirá que o urânio enriquecido seja transformado em um material adequado para a produção de combustível nuclear, findando a dependência de tecnologia externa. Atualmente, a INB contrata 100% desses serviços no exterior, e, devido a atual crise mundial, o mercado está oferecendo os serviços a um preço extremamente elevado.

A implantação de uma Usina de Conversão de Urânio (USICON), em Resende-RJ, alinha-se ao objetivo estratégico de garantir o fornecimento de produtos e serviços, e de aumentar a produtividade, com foco em custos competitivos, como perspectivas internas, e coaduna-se em atender a demanda nacional de UF₆ natural. Como perspectivas externas, relativa a clientes e mercado, tal implantação, no futuro, está alinhada ao objetivo estratégico para ampliar as oportunidades de negócios com urânio e ampliar a venda de componentes e serviços, em conformidade com as novas diretrizes e metas empresariais estabelecidas no planejamento estratégico da INB.

A apresentação da INB mostrou também avanços científicos e tecnológicos que estão em curso relacionados ao projeto da Usina Comercial de Enriquecimento de Urânio (UCEU) e no processo de fabricação do combustível nuclear propriamente dito, seja mediante automação de processos, como implementação de equipamentos de soldagem, avaliação de características de qualidade em inspeção visual, entre outros. O desenvolvimento científico e tecnológico do ciclo do combustível é realizado em parceria com centros de pesquisa e empresas da área nuclear, buscando a solução de desafios tecnológicos e a nacionalização de componentes utilizados.

No que se refere à extração de urânio, o país explora muito pouco do seu potencial. Apesar da elevada reserva de urânio, possui apenas uma única unidade de extração em funcionamento, em Caetité-BA. O Projeto de Santa Quitéria-CE, que recentemente obteve licença de instalação da CNEN, é de suma importância, possibilitando o atendimento das Usinas de Angra I, Angra II e a operação da futura Usina de Angra III, além da possibilitar futuramente a exportação de urânio para o mercado internacional.

Importante ressaltar que no caso de Santa Quitéria, avanços tecnológicos possibilitaram mudanças significativas no projeto. A estimativa do consumo de água estabelecida no projeto foi reduzida em 20%, promovendo uma utilização mais sustentável dos recursos hídricos e a eliminação do uso de barragens de rejeitos representando um importante progresso em termos de segurança ambiental, mitigando os riscos associados ao armazenamento de resíduos. Outra melhoria notável no projeto ocorreu na redução da área a ser ocupada pela planta, o que diminuirá o impacto ambiental e otimizará o uso do espaço. Esses avanços demonstram o potencial da tecnologia para transformar práticas industriais, tornando-as mais eficientes e ecologicamente responsáveis.

No contexto da mineração, a legislação ambiental brasileira é um tema recorrente de debate. Se por um lado, há aqueles que defendem a aceleração do processo de obtenção de licenças ambientais, argumentando que a demora desestimula o interesse privado na mineração, por outro, há os que defendem a avaliação minuciosa dos impactos ambientais, como desmatamento, contaminação de águas e degradação do solo.

É evidente que é necessário conciliar a aceleração do processo de licenciamento com a adoção de práticas de mineração sustentáveis. Isso inclui a implementação de inovações tecnológicas que minimizem os impactos ambientais e cumpram rigorosamente a legislação. Para acelerar o

licenciamento é essencial reforçar os recursos humanos dedicados à análise, criar procedimentos mais claros e uniformes, e utilizar sistemas integrados para o gerenciamento e acompanhamento dos processos de licenciamento.

Durante as apresentações e nos formulários de coleta de contribuições foram elencadas possibilidades de melhorias como a implementação de tecnologias de eficiência energética no maquinário de mineração. Além disso, o uso de fontes de energia renovável, como hidrelétrica, solar, eólica, ou até mesmo nuclear a partir dos SMR, nas operações de mineração representaria um avanço significativo. Também é fundamental a adoção de programas de recuperação ambiental e reflorestamento nas áreas mineradas.

O minério extraído passa por um processo de beneficiamento para remover impurezas e aumentar a concentração de urânio, o que geralmente envolve uma série de etapas químicas e físicas que podem ser intensivas em energia. Para otimizar esses processos, é possível imple-



mentar tecnologias que melhorem o uso de energia nas etapas de moagem, lixiviação e purificação. Além disso, o desenvolvimento de métodos para reciclar e reutilizar resíduos e subprodutos do processamento de urânio pode contribuir significativamente para a sustentabilidade do processo.

Outra importante contribuição durante as apresentações foi a demonstração do papel do Serviço Geológico do Brasil na coordenação do Programa Urânio Brasil. Este Programa visa promover e incentivar a exploração de urânio no país de maneira mais eficaz. Ele busca avaliar com maior precisão o potencial de reservas de urânio por meio da atualização de bancos de dados e modelos exploratórios, aplicação de técnicas geoquímicas e geofísicas, identificação de características distintivas de depósitos, modelagem do potencial mineral e estimativa de recursos ainda não explorados.

Os formulários com as contribuições trouxeram elementos importantes referentes à exploração de minerais estratégicos. No caso desses minerais é importante compreender o contexto global.



Eles estão amplamente distribuídos pelo mundo, porém, atualmente, alguns poucos países são responsáveis por mais da metade da produção mundial desses recursos. Por exemplo, a Austrália é líder na produção de lítio, a República Democrática do Congo no cobalto, a Indonésia no níquel e a China nas terras raras, que são essenciais para diversas indústrias, desde energia limpa até biotecnologia. No entanto, para serem utilizados, esses minerais precisam passar por processamento e refinamento, etapas dominadas principalmente pela China.

A demanda por esses minerais continua a crescer, especialmente com os EUA e a União Europeia subsidiando suas indústrias locais para competir tecnologicamente com a China. No entanto, a dependência desses países em relação aos minerais controlados pela China representa uma vulnerabilidade estratégica significativa. A abertura de novas minas e a construção de instalações de processamento são demoradas, o que significa que essas vulnerabilidades não serão resolvidas rapidamente. Países como Austrália, Canadá, Chile, República Democrática do Congo, Indonésia, Zâmbia e potencialmente nações da África Subsaariana, Sul da Ásia, Oriente Médio e América do Sul estão começando a impor restrições à exportação de minérios, exigindo que o processamento e refino ocorram localmente.

Isso está tornando mais complexas as cadeias de suprimento, tornando-as eventualmente menos eficientes, e levando os EUA e a União Europeia a buscar parcerias para garantir o suprimento desses minerais. No Brasil, apesar do País não ser produtor majoritário de minerais estratégicos, há um interesse crescente na pesquisa mineral para descoberta de jazidas economicamente viáveis. Áreas promissoras para lítio foram identificadas no Norte de Minas Gerais, e depósitos de terras raras na região de Poços de Caldas também despertam interesse. Atualmente, não existem medidas restritivas à exportação nem incentivos significativos para o processamento e refino desses minerais no país.

Diante do contexto global é crucial estabelecer políticas claras para a produção, tratamento, refino e exportação desses minerais, considerando a necessidade de garantir a segurança estratégica e econômica nacional. É preciso desenvolver a capacidade de processamento dos minerais estratégicos, não apenas extraí-los. O Brasil tem explorado minérios estratégicos e exportado na forma bruta. É preciso desenvolver a capacidade de processamento. Isso não apenas garantirá uma eventual independência tecnológica, mas também agregará valor aos produtos produzidos localmente, abrindo oportunidades significativas para projetos de P,D&I na área.

Foi defendido durante a mesa que os órgãos de financiamento à pesquisa devem incentivar atividades que garantam o processamento e refino de minérios encontrados no país. A pesquisa mineral precisa ser apoiada para explorar jazidas promissoras dadas as condições geológicas favoráveis já identificadas.

Após a descoberta das jazidas, é crucial estabelecer mecanismos de financiamento para construir usinas de processamento e refino, possivelmente com apoio do BNDES. Dada a magnitude dos desafios e custos envolvidos, é mais eficaz estimular a iniciativa privada do que depender de soluções estatais.

Além disso, foi ressaltado que a legislação atual deve ser revista especialmente porque ocorrências de terras raras podem conter minerais radioativos, exigindo avaliação complexa pela CNEN para determinar a viabilidade econômica e a possível inclusão no monopólio estatal. Esse processo burocrático, segundo o que foi observado, já inviabilizou a exploração de jazidas de terras raras no passado.

Em seguida, foi apresentado o Projeto GraNioTer financiado pela FINEP e sediado no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), em Belo Horizonte-MG. Ele tem como objetivo estabelecer-se como um hub tecnológico de Materiais Avançados e Minerais Estratégicos. O GraNioTer visa promover o desenvolvimento de projetos estratégicos em PD&I que já tenham avançado nos estágios iniciais da escala de maturidade tecnológica. O foco está no adensamento tecnológico das cadeias produtivas baseadas em materiais avançados e minerais estratégicos, como Grafeno, Nióbio e Terras Raras, que têm uma demanda global em crescimento.

O GraNioTer tem por missão promover maior integração da oferta potencial de capacidade científica e tecnológica da rede nacional de ICT com a demanda por aportes tecnológicos das empresas brasileiras. O projeto pretende contribuir para a redução do fosso tecnológico entre a indústria brasileira e a competição internacional, ampliando a gama de especializações produtivas de alta complexidade, aumentando a produtividade na produção de bens e serviços, além de aumentar a parcela de produtos e processos com alto valor agregado e elevada elasticidade-renda nas exportações brasileiras. Para isso, um desafio existente é a melhora do relacionamento entre os setores acadêmicos, reconhecidos como produtores de conhecimento e pesquisa, e os setores produtivos, demandantes de inovações e conhecedores das necessidades do mercado.



MESA TEMA 2

**RMB, CENTENA,
LABGENE, PROSUB**

PALESTRANTES E DEBATEDORES



Patrícia Pagetti
CNEN



Marcelo Raposo
MB



Wilson Aparecido Parejo Calvo
CNEN



José Augusto Perrotta
CNEN



Laércio Vinhas
ex-AIEA



Clédola Cássia
CNEN

RESUMO DA SESSÃO

Neste subtema foram apresentados os grandes projetos estruturantes do Setor Nuclear, em consonância com o Eixo Estruturante III da ENCTI - Ciência, Tecnologia e Inovação para programas e projetos estratégicos nacionais. Esses projetos são fundamentais no contexto nuclear, pois além de impulsionarem o avanço científico e tecnológico, também têm o potencial de alavancar o crescimento econômico e a competitividade do país.

Nessa mesa tema foram apresentados os projetos coordenados pela CNEN e os projetos sob liderança da Marinha do Brasil. A seguir, será apresentado um breve resumo sobre esses projetos, destacando suas respectivas importâncias para o desenvolvimento científico e tecnológico nacional e a fase atual de concepção ou implantação.

Reator Multipropósito Brasileiro - RMB

O RMB é um projeto de grande porte, estratégico do Estado brasileiro. Seu lançamento ocorreu em 2008 e a fase de implantação do empreendimento foi iniciada em 2012 com sua inclusão no Plano Plurianual (PPA) 2012-2015. De 2012 até os dias atuais muito foi feito, porém em uma velocidade muito aquém do que se planejou na época. Mais recentemente, o projeto ganhou fôlego ao ser incluído no Novo Plano de Aceleração do Crescimento (Novo PAC) do Governo Federal, com investimentos previstos no valor de R\$ 1 bilhão até 2026.

Um dos principais propósitos do RMB é produzir os radioisótopos utilizados na fabricação de radiofármacos, que são aplicados em procedimentos diagnósticos e terapêuticos de medicina nuclear. Atualmente, o Brasil é extremamente vulnerável nesse setor, pois há completa dependência externa no fornecimento desses radioisótopos. Em especial, o RMB será capaz de produzir o radioisótopo molibdênio-99 que é utilizado para a produção de geradores de molibdênio-tecnécio. Aproximadamente 85% dos procedimentos de medicina nuclear utilizam um radiofármaco contendo tecnécio-99m. Os geradores são fornecidos em sua maior parte pelo IPEN/CNEN. Neste caso, o molibdênio-99 é importado semanalmente de países como Argentina, Israel, África do Sul e Rússia. O RMB será capaz de suprir toda a demanda interna do molibdênio-99 e demais



radioisótopos medicinais, além de gerar excedente para exportação, tornando-se autossustentável financeiramente.

Entretanto, o RMB não só irá atender às necessidades nacionais relacionadas ao aumento da produção de radioisótopos para aplicações médicas, como também fornecerá radioisótopos essenciais para outras aplicações.

O RMB terá também outras funcionalidades que serão utilizadas nos testes de materiais e combustíveis para reatores de potência e pesquisas de feixes de nêutrons para materiais e combustíveis utilizados em usinas e em submarinos. Na agricultura, alguns radioisótopos são utilizados como traçadores radioativos, o que permite estudar todo processo de desenvolvimento de uma planta, incluindo a absorção de nutrientes do solo pela raiz, além de possibilitar a análise da quantidade de agrotóxico no solo. No meio ambiente, atuam como marcadores de substâncias tóxicas, como derramamento de óleo no mar, auxiliando na prevenção de desas-

tres. Na indústria, são usados para esterilizar materiais e produtos médicos e odontológicos, até de higiene pessoal, usados o dia a dia, a exemplo de absorventes higiênicos e adesivos para ferimentos.

O reator do RMB, como o próprio nome diz, terá muitos propósitos importantes para o desenvolvimento da tecnologia nuclear. Dispositivos previstos no projeto permitirão que o reator seja utilizado para testes de desempenho de combustíveis nucleares avançados, assim como para testes de irradiação de materiais usados em reatores. Os feixes de nêutrons, produzidos no reator, outra finalidade do RMB, servirão para pesquisas científicas e tecnológicas nos vários campos da ciência dos materiais. A ativação neutrônica, por exemplo, consiste em uma técnica de análise de componentes químicos. O empreendimento prevê ainda a formação de técnicos e acadêmicos com alta qualificação profissional.

O RMB proporcionará suporte ao desenvolvimento tecnológico nuclear em diversas áreas, além de impulsionar o desenvolvimento do país, contribuindo significativamente para a inovação e a formação de recursos humanos especializados. A conclusão da implantação do empreendimento está atualmente estimada para o final do ano de 2029. O RMB está projetado para 50 anos de vida útil, que poderá ser estendida por mais 20 anos. Ao final desse prazo, será descomissionado, quer dizer, desativado. O centro de pesquisa permanecerá com suas atividades e, possivelmente, envolvido em outros empreendimentos.

Os principais desafios atuais apresentados, relacionados ao projeto, são a garantia do fluxo de recursos financeiros pelos próximos 5 anos para conclusão do empreendimento e a estruturação de sua gestão, com a contratação de especialistas que possam reforçar o quadro atual da equipe dedicada para implantação do empreendimento e sua posterior operação.

CENTENA

O Projeto CENTENA é outro projeto estruturante da CNEN. Visa estabelecer o Centro Tecnológico Nuclear e Ambiental para o armazenamento definitivo de rejeitos radioativos de baixo e médio nível de radiação gerados no Brasil. Este empreendimento é essencial devido ao crescimento do uso da tecnologia nuclear em diversas áreas no país, incluindo indústria, medicina, pesquisa, geração de energia e meio ambiente. Para os materiais sem previsão de uso futuro, é

crucial aplicar medidas apropriadas para seu armazenamento adequado ao longo do tempo, até que sua radioatividade decaia para níveis seguros, conforme estabelecido por normas técnicas e legislações vigentes, sempre acompanhadas de medidas de proteção radiológica.

O gerenciamento desses resíduos é um dos principais desafios enfrentados atualmente no Brasil. O Centro, contudo, além de ter a função de armazenar os rejeitos radioativos, terá também atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, bem como de divulgação e treinamento especializado no setor nuclear. O empreendimento ocupará aproximadamente 40 hectares e incluirá áreas de armazenamento, infraestrutura de apoio operacional e instalações para garantir a segurança durante as operações e o período de guarda institucional. As áreas de deposição são planejadas com o conceito de múltiplas barreiras para abrigar o inventário radioativo até 2080, garantindo a segurança do público e a preservação do meio ambiente.

Além disso, o CENTENA contará com edificações para recebimento, controle, armazenamento e acondicionamento dos resíduos tratados, bem como laboratórios ambientais e de radioproteção para executar programas de monitoramento ambiental e proteção radiológica. Os rejeitos para a deposição deverão atender aos critérios de aceitação definidos em normas e por análises de segurança.

Prevê-se que a instalação entre em operação no início de 2029 e que opere por 60 anos, com um período adicional de vigilância de 300 anos após o fechamento, garantindo a segurança e a proteção ambiental a longo prazo. As próximas etapas do cronograma do projeto podem ser resumidas em: caracterização do local e elaboração dos relatórios para o licenciamento; implantação do programa de comunicação pública; elaboração do plano de negócio, do projeto básico e executivo, aquisição e montagem dos equipamentos e sistemas; contratação de equipe e treinamento operacional.

O sucesso relacionado à comunicação pública tem um papel fundamental na viabilidade do Projeto CENTENA. Experiências internacionais têm demonstrado que um armazenamento final eficiente de rejeitos contribui positivamente para a percepção pública da energia nuclear. Quanto mais bem projetado, transparente e rigorosamente monitorado forem os processos de projeto, construção, operação e fiscalização a longo prazo, maior é a confiança e segurança que o público deposita nas várias aplicações envolvendo a tecnologia nuclear.

PROSUB/LABGENE

O Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), da Marinha do Brasil, engloba além da unidade de propulsão nuclear outras quatro unidades convencionais de propulsão a diesel. Desses, três já foram entregues: o Riachuelo (S-40), o Humaitá (S-41) e o Toneleiro (S-42), o quarto está na fase de construção. O projeto do submarino com propulsão nuclear envolve transferência de tecnologia francesa no projeto da plataforma, e desenvolvimento autóctone no projeto da planta nuclear embarcada.

Foi relatado durante as discussões que o principal desafio identificado ocorreu no desenvolvimento de uma base industrial de defesa capaz de projetar e fabricar componentes e equipamentos para submarinos, para planta nuclear e para outras instalações com requisitos nucleares, além do desenvolvimento de ferramentas computacionais para apoio ao projeto e análise



de segurança de sistemas nucleares. Para isso foram estabelecidas parcerias com instituições de pesquisa, universidades e empresas nacionais e estrangeiras. Essas colaborações são exemplos de sucesso do que se é possível alcançar mediante a união de esforços.

Entre outros desafios elencados foi destacada a obtenção e capacitação da força de trabalho necessária para conduzir as atividades de projeto e construção. Esta foi de certa medida enfrentada com o auxílio do pessoal da AMAZUL, porém, adicionalmente é necessário implementar políticas de capacitação de pessoal na área nuclear em parceria com universidades e centros de pesquisa nacionais e estrangeiros.

O LABGENE é parte vital do PROSUB, pois é o laboratório que abrigará o protótipo em terra dos sistemas de propulsão que serão embarcados no submarino nuclear. Nele será possível simular a operação do reator e dos demais sistemas que serão utilizados no submarino. Atualmente, o LABGENE possui cinco prédios principais concluídos, incluindo o prédio do reator e das turbinas. As obras civis estruturais estão praticamente finalizadas, e a próxima fase envolve a montagem eletromecânica, especialmente da seção nuclear.

Este projeto é nacional e desenvolvido pela Marinha do Brasil, destacando-se a fabricação de equipamentos estratégicos pela indústria nacional, como o vaso de pressão. Entretanto, desafios como a falta de uma indústria nacional capaz de fornecer todos os itens necessários e dificuldades com licenciamento internacional são recorrentes. Parcerias com universidades e centros de pesquisa são essenciais para atender às exigências de licenciamento nuclear. O LABGENE, junto com o PROSUB, traz benefícios tangíveis para a sociedade, promovendo o desenvolvimento industrial, científico e tecnológico.



SUBTEMA 3

Programas e Projetos Estratégicos Nacionais

INICIATIVAS PROPOSTAS

Concentrar esforços na gestão dos Projetos Estratégicos

Garantir fluxo de recursos financeiros nos próximos anos para conclusão dos Projetos Estratégicos

Desenvolver tecnologia nacional para dar suporte aos Projetos Estratégicos

Garantir o ingresso de técnicos para a implantação, as pesquisas, a gestão e operação dos grandes empreendimentos do setor

Fortalecer os estudos de prospecção de urânio no Brasil

Promover o adensamento tecnológico das cadeias produtivas baseadas em materiais avançados e minerais estratégicos

Conciliar a aceleração do processo de licenciamento ambiental com a adoção de práticas de mineração sustentáveis

Consolidar o domínio do ciclo completo do combustível nuclear, nacionalizando a etapa de conversão



SUBTEMA 4

**ENSINO, FORMAÇÃO
ESPECIALIZADA,
MERCADO DE TRABALHO E
COMUNICAÇÃO PÚBLICA**

MESA TEMA 1

Mecanismos de formação, Empregabilidade e Jovens lideranças

PALESTRANTES E DEBATEDORES



José Marcos Godoy
PUC-RJ



Giovanna Machado
CETENE



Inayá Lima
UFRJ



Ana Gabryele Moreira
WIN BRASIL



Tomé Machado
AMAZUL

RESUMO DA SESSÃO

Diante das atuais perspectivas com o fortalecimento da ciência nuclear no país, a 5ª Conferência Temática Nuclear trouxe à tona discussões sobre a necessidade de uma maior disseminação do conhecimento sobre energia nuclear, em suas múltiplas dimensões, desde o ensino das bases do conhecimento científico no Ensino Fundamental e Médio, até a formação profissional mediante cursos de graduação e pós-graduação.

Importante ressaltar que a educação é a base do desenvolvimento econômico e social de um país. Investir em educação é investir no futuro, no intuito de que as próximas gerações estejam preparadas para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades de um mundo em evolução. Sob esse enfoque, o campo da ciência nuclear proporciona o conhecimento necessário para o desenvolvimento de tecnologias seguras, inovadoras e eficientes, garantindo o uso responsável e sustentável dessa tecnologia em todas as suas aplicações.

Neste aspecto, um dos desafios que se apresenta, se refere à formação pedagógica dos professores. Verifica-se que há uma lacuna de conhecimento do corpo docente na educação básica sobre energia nuclear. Na tentativa de solucionar essa lacuna, foi proposta a iniciativa de promover ações junto ao Ministério da Educação (MEC) e coordenadores dos cursos de licenciatura em ciências, física e química para dinamizar as competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a qual prevê a discussão da energia nuclear nas duas últimas séries do Ensino Fundamental e primeiro ano do Ensino Médio. Os professores que atuam nesses níveis de ensino precisam ser bem preparados para abordar um tema tão necessário ao desenvolvimento nacional.

Outro desafio colocado nesta sessão foi referente a formação de profissionais para atuar também na docência, pois a escassez de professores qualificados em energia nuclear pode limitar no futuro a disponibilidade de cursos e programas de qualidade, especialmente em regiões onde a energia nuclear não é tão amplamente difundida. Também é preciso urgência na reposição do número de professores e orientadores em função do número de aposentadorias ocorridas nos últimos anos.

Os programas de pós-graduação, como mestrado e doutorado, permitem uma especialização ainda maior. Os alunos podem focar em áreas específicas, como física de reatores, engenharia

de materiais nucleares, segurança nuclear ou aplicações na saúde, por exemplo. Esses programas envolvem pesquisa de ponta e colaboração com institutos de pesquisa.

Nesse sentido, os currículos dos programas de pós-graduação devem ser mantidos atualizados, incorporando os rápidos avanços tecnológicos, regulatórios e de mercado no setor nuclear, este é um desafio constante. É preciso abordar temas emergentes e com alto potencial de inovação como SMR, fusão nuclear e novas aplicações médicas, por exemplo. As instituições de ensino devem estabelecer parcerias com o setor produtivo para garantir que os currículos reflitam as tendências atuais e futuras. Além disso, é fundamental incorporar estudos de caso reais e projetos práticos na grade curricular, bem como direcionar o desenvolvimento de dissertações e teses para temas de interesse do setor produtivo com objetivo de resolver problemas reais.

Outra proposta formulada durante a discussão foi a de fomentar a colaboração entre diferentes departamentos e faculdades na oferta de disciplinas que possam promover uma compreensão mais holística dos usos socioeconômicos da energia nuclear, decorrente do seu caráter interdis-



ciplinar, assim como o compartilhamento de laboratórios e instalações nucleares entre universidades e Institutos de Pesquisa. Devem ser oferecidas também disciplinas voltadas à inovação e empreendedorismo, tanto na graduação como na pós-graduação.

A cooperação internacional na formação de recursos humanos na área nuclear é outro ponto que merece destaque. Isto pode ser feito mediante acordos com universidades e centros de pesquisa no exterior para proporcionar intercâmbio de alunos entre as instituições. Uma boa iniciativa é desenvolver programas de dupla titulação com instituições internacionais de renome, possibilitando aos estudantes a oportunidade de obter experiência global e aumentar sua empregabilidade. A cooperação internacional pode se dar também com objetivo de ampliar a capacitação técnica de profissionais já formados, mediante programas de intercâmbio em áreas específicas.

Outra dimensão considerável, importante no setor nuclear, é o fortalecimento de habilidades e qualificações necessárias mediante participação de profissionais que já atuam na área em programas de treinamentos, como por exemplo para a obtenção de certificações necessárias para o desenvolvimento de atividades no setor, a exemplo de operadores de reator e supervisores de proteção radiológica.

No passado, o Brasil teve uma experiência bem-sucedida no desenvolvimento de sua capacidade nuclear. O Programa Pró-Nuclear, lançado na década de 1970, foi destacado durante as reuniões preparatórias da Conferência Temática. Um de seus principais objetivos era a capacitação de recursos humanos. Nessa época, foram direcionados recursos para a formação de engenheiros e técnicos especializados em tecnologia nuclear, por meio de programas de treinamento e parcerias com instituições internacionais. Pelas análises, seria importante implementar um novo programa de formação especializada na área nuclear, adaptado para as necessidades atuais do setor.

Um desafio adicional apresentado durante a sessão foi sobre a diminuição do interesse dos jovens em seguir na carreira nuclear. É preciso atrair esses jovens para atuar no setor, isto passa por uma maior divulgação sobre as oportunidades e desafios da área, seja mediante campanhas educacionais nas escolas e universidades, bem como a utilização de redes sociais e conteúdos interativos. Outra forma de atrair os jovens é promover visitas técnicas às instalações nucleares ou mesmo mediante o oferecimento de bolsas de estágio para que os estudantes possam vivenciar na prática o cotidiano dos institutos de pesquisa e das empresas que atuam no setor.

Foi lembrado também que o número de bolsas oferecidas é insuficiente, bem como o valor das mesmas, o que não contribui para a atração de estudantes. Além disso, a falta de perspectiva de emprego também desestimula os estudantes. Uma oportunidade que pode ser mais explorada pelo setor nuclear é estimular parcerias com o setor privado, com oferta de bolsas para formação de seus funcionários em programas de mestrado e doutorado profissionais, ou programas acadêmicos aplicados.

À luz dos desafios já mencionados, destacou-se a importância de políticas públicas voltadas à formação de jovens pesquisadores. Também foi comentada, durante a sessão, a necessidade de ações e programas para promover o desenvolvimento das mulheres na ciência, promovendo a diversidade e inclusão na área nuclear. Isto pode ser feito por meio de encontros para divulgação da ciência nuclear para alunas do Ensino Médio, mediante editais de projetos e bolsas específicas e valorizando a participação feminina com premiações e reconhecimento. Promover a participação das mulheres ajuda a reduzir as desigualdades de gênero.

Com relação ao desafio da empregabilidade foi sugerido um levantamento detalhado da área de atuação profissional dos egressos dos cursos de graduação e pós-graduação. É preciso conhecer com detalhes para onde os profissionais estão indo após a conclusão de seus cursos, bem como identificar as lacunas entre a formação acadêmica e as demandas do mercado de trabalho. Esse levantamento pode fornecer insights valiosos sobre a adequação dos currículos às necessidades do setor nuclear e ajudar a ajustar os programas, como já mencionado.

Há uma relação direta entre a pujança do setor e a demanda por mão de obra qualificada. Para o avanço das aplicações e a implementação dos grandes projetos estruturantes do setor nuclear será preciso contar com mão de obra altamente qualificada em diversas áreas, como engenharia nuclear, física, química, radiologia, gestão de projetos e segurança nuclear, entre outras. Com a aposentadoria de uma geração experiente, há uma necessidade urgente de recrutar e treinar novos profissionais para preencher essas posições críticas.

A necessidade de recursos humanos no setor público nuclear é um problema emblemático. Isso se deve à baixa retenção de mão de obra qualificada, principalmente por causa da natureza pública das instituições de ciência e tecnologia do setor, que dependem de concursos públicos para reposição de pessoal. Atualmente, a alta idade média dos pesquisadores e tecnologistas aumenta o potencial de aposentadorias, resultando em muitas vagas não



preenchidas, com a necessidade premente da realização de concursos para reposição de pessoal no setor.

Neste contexto, foi abordado com bastante ênfase o desafio de estabelecer nas instituições do setor nuclear, práticas eficazes de gestão do conhecimento. Esse tema como um todo é de alta relevância, vital para o setor nuclear brasileiro. A gestão do conhecimento na área nuclear é essencial para garantir a segurança das operações e a proteção contra acidentes nucleares. Isso envolve a disseminação e aplicação de melhores práticas, lições aprendidas e conhecimentos técnicos para garantir que os procedimentos operacionais sejam seguidos corretamente e que os riscos sejam identificados e gerenciados de forma eficaz.

A gestão do conhecimento é importante para evitar a perda de conhecimento quando profissionais deixam a organização ou são substituídos, uma vez que a documentação e a organização

estruturada do conhecimento garantem que a expertise acumulada ao longo do tempo esteja disponível para as gerações futuras de profissionais especializados. Ela permite de forma estruturada a transferência de conhecimento e experiência dos profissionais mais experientes para as gerações mais jovens, garantindo a continuidade das operações e o desenvolvimento de competências críticas. Nesse sentido, iniciativas de implantação de gestão do conhecimento em organizações do setor nuclear devem ser priorizadas para retenção e transmissão de conhecimento para uma nova geração de profissionais

Conclui-se, portanto, que a formação especializada em energia nuclear é um componente essencial para o desenvolvimento e operação segura e eficiente das tecnologias nucleares. Ela garante que os profissionais estejam preparados para enfrentar os desafios técnicos e operacionais, promove a inovação e a pesquisa, e contribui para o desenvolvimento econômico e social. Investir na educação e treinamento de recursos humanos na área nuclear é, portanto, uma prioridade estratégica para qualquer país que busca aproveitar os benefícios dos usos pacíficos da energia nuclear.



MESA TEMA 2

Percepção pública

PALESTRANTES E DEBATEDORES



João Leal
SEENEMAR



Marcos Pacheco
IFRJ



Denise Maria Zezell
CNEN



Danyella Proença
MCTI



Ildeu Moreira
UFRJ



Ana Paula Freire Artaxo
CNEN



Aline Carvalho
Campus Party



Fabiano Petrucelli
GSI/PR

RESUMO DA SESSÃO

Esta mesa tratou sobre o tema da percepção pública da área nuclear. Nela ficou ressaltado que o setor nuclear é associado frequentemente apenas a aspectos negativos relacionados aos riscos de acidentes, lembrando episódios como Chernobyl e Fukushima, o que acaba por gerar muita desconfiança em relação às atividades do setor nuclear. A comunicação neste contexto enfrenta o desafio de conscientizar a população, que em geral tem um baixo grau de conhecimento e compreensão sobre a ciência nuclear.

Durante a sessão, foi enfatizada a importância em promover uma comunicação voltada para a formação de consciência cidadã sobre a energia nuclear. Conscientizar, não convencer, este deve ser o mote.

É preciso fornecer informações claras e objetivas sobre os aspectos técnicos, ambientais e sociais relacionados à energia nuclear. Isso ajudará a construir uma base sólida de entendimento público e a mitigar preocupações, permitindo um diálogo aberto e bem embasado sobre o papel e os desafios dessa fonte de energia e suas aplicações em benefício da sociedade.

A divulgação da ciência tem que ser feita de forma a abordar os fatos de maneira precisa e fiel ao conhecimento científico estabelecido. Isso implica em evitar distorções, exageros ou simplificações excessivas que possam levar a interpretações errôneas ou incompletas sobre os temas científicos. Em outras palavras, a divulgação científica deve ser transparente, objetiva e baseada em evidências, buscando fornecer uma compreensão clara e precisa dos conceitos e descobertas.

Nesse sentido, foi apontada a necessidade de maior transparência e engajamento por parte das autoridades, representantes de instituições e empresas do setor nuclear. Sem uma comunicação proativa e aberta, rumores e desinformação podem se espalhar rapidamente, exacerbando a desconfiança pública.

A mídia também desempenha um papel crucial. Infelizmente, a cobertura midiática tende a enfatizar aspectos sensacionalistas e negativos, muitas vezes negligenciando informações precisas e

equilibradas. Desta forma, acaba por contribuir para a formação de percepções públicas distorcidas e alarmistas sobre a energia nuclear.

É preciso reverter isto, estabelecendo parcerias com as grandes mídias convencionais visando a divulgação de notícias, desenvolvimentos e avanços no setor nuclear. Isto possibilita um aumento da visibilidade das conquistas científicas e tecnológicas da energia nuclear, ao mesmo tempo em que auxilia na conscientização do público sobre os benefícios e desafios envolvidos.

Para promover um diálogo aberto e inclusivo é crucial explorar diversas formas de comunicação e reconhecer a importância de canais além dos tradicionais, como a televisão. O atual crescimento de especialistas em comunicação científica representa uma oportunidade significativa para fortalecer a ponte entre a ciência e o público. Esses profissionais desempenham um papel crucial ao traduzir descobertas complexas em linguagem acessível, facilitando a compreensão e o engajamento do público em temas científicos. Este esforço abrangente deve incluir não apenas a criação e disseminação de campanhas educativas acessíveis e informativas, mas também uma participação ativa e engajada nas redes sociais.

Além disso, é fundamental a organização de eventos e debates públicos que não apenas discutam, mas também demonstrem as diversas aplicações da energia nuclear, promovendo um diálogo aberto e inclusivo sobre o tema. Essas iniciativas são cruciais para garantir uma compreensão mais ampla e positiva da ciência nuclear entre todos os segmentos da sociedade.

Sob essa perspectiva, é essencial envolver especialistas independentes e instituições de ensino na divulgação científica. Isto pode aumentar a credibilidade das informações e construir uma percepção pública mais positiva e informada sobre o setor nuclear. Integrar representantes de vários segmentos da sociedade no diálogo, dando-lhes um papel de destaque para que se sintam parte da área nuclear também é fundamental, como, por exemplo, pacientes beneficiados pelas aplicações de medicina nuclear.

A necessidade de uma comunicação eficiente em todos os níveis e uma articulação política foram temas recorrentes ao longo das discussões preparatórias para Conferência. Diante disso, foi apresentado o trabalho de coordenação executiva que vem sendo realizado no âmbito do GSI/PR, mediante a elaboração do Plano de Comunicação Social para o Setor Nuclear Brasileiro e a

formação da Rede de Comunicação Social do Setor Nuclear, instituída pela Resolução nº 29, de 14 de dezembro de 2023.

A Rede de Comunicação Social coordena atividades integradas em conjunto com os diversos atores do setor nuclear. Entre essas atividades, destacam-se o estabelecimento de um calendário anual de eventos e a promoção de intercâmbios entre as instituições. Esta integração e coordenação são essenciais na área nuclear, pois permitem somar esforços e aumentar a eficiência e o impacto das ações. Foi mencionado na apresentação que para 2024 o Grupo de Trabalho do GSI/PR (GT-15) planeja revisar o Plano de Comunicação Social, tornando-o um documento estratégico com planos de ação, indicadores, cronogramas e metas estabelecidas para o período 2024-2027.

O painel ressaltou também a importância do letramento científico. Foi mencionado na apresentação que a melhoria da educação científica da escola brasileira desde o ensino básico é fundamental. É importante considerar que é preciso tomar ações que despertem nos jovens a curiosi-



dade, o interesse pela ciência, mostrar a importância da ciência na vida das pessoas. Neste ponto, a utilização com inteligência da comunicação em rede é fundamental, mostrando a beleza da ciência, como ela é interessante e de que maneira os jovens podem contribuir com seu desenvolvimento. Foi proposto que se deve adaptar a linguagem para alcançar os jovens, que são eles que levam essa informação para casa, agindo como multiplicadores.

Outro ponto mencionado foi a importância de incorporar mais cedo a pesquisa, a investigação, no cotidiano das pessoas, o que ajuda a desmistificar a ideia de que é necessário possuir mestrado ou doutorado, ou qualquer título formal, para se engajar em pesquisa e discutir ciência com propriedade.

Por conseguinte, esta estratégia auxilia na promoção de inovações sociais ao empoderar indivíduos de diversas origens e níveis educacionais a participar ativamente na construção do conhe-



cimento científico, contribuindo assim para uma sociedade mais informada e engajada com questões científicas e tecnológicas. Foi mencionado que a ENCTI 2024-2030 deve ter a educação científica como tema central, assim com a inovação para o desenvolvimento social.

A fim de garantir que as ações de popularização da ciência sejam bem direcionadas, eficientes, eficazes e sustentáveis, promovendo uma maior compreensão e valorização da ciência na sociedade, é importante que sejam feitas de forma planejada e articulada. Foi mencionado que o Brasil deve investir em ampliar os espaços científicos e culturais, investindo na ampliação e na melhoria da infraestrutura de zoológicos, jardins botânicos, planetários, aquários, museus e outros locais dedicados à divulgação científica. É preciso que estes espaços sejam valorizados e mais bem conhecidos pela população, inclusive aqueles voltados para ciência nuclear.

Foi apontado que as universidades e as ICT nucleares devem intensificar a realização de mais atividades de difusão da ciência junto a população brasileira, pois a ciência nuclear tem um impacto profundo na sociedade, e isto precisa ser demonstrado e difundido de forma ampla.

A área nuclear participa ativamente das feiras de ciência e exposições que ocorrem no país, com destaque para a ExpoC&T, atividade organizada durante a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), e da Semana Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, organizada pelo MCTI. A participação nesses eventos de divulgação é de extrema importância para difusão do conhecimento. Outras iniciativas também devem ser reforçadas, como a realização de workshops educacionais, palestras em escolas e universidades, olimpíadas nucleares, bem como o desenvolvimento de materiais educativos acessíveis ao público em geral.

Conclui-se, portanto, que é crucial estabelecer uma estratégia abrangente para aumentar o entendimento da ciência nuclear entre o público. Isso inclui não apenas disseminar informações em espaços públicos variados, mas também investir em comunicação estratégica. É fundamental expandir as iniciativas de popularização da ciência nuclear, acompanhadas por uma campanha de conscientização sobre os benefícios da tecnologia nuclear. Essa abordagem deve ser transparente, visando educar os cidadãos e garantir seu direito à informação.



SUBTEMA 4

Ensino, Formação Especializada, Mercado de Trabalho e Comunicação Pública

INICIATIVAS PROPOSTAS

Investir na formação pedagógica de professores do Ensino Fundamental e Médio para melhor abordagem da ciência nuclear em sala de aula
Elaborar estudo com os egressos dos cursos de graduação e pós-graduação na área nuclear para conhecer melhor o mercado de trabalho que atuam
Atualizar os currículos dos cursos de graduação e pós-graduação para que incorporem tecnologias emergentes e sejam orientados às necessidades do mercado de trabalho
Ampliar a cooperação internacional para formação especializada no setor nuclear
Buscar a ampliação do número de bolsas e os respectivos valores como forma de atrair os jovens para se qualificarem no setor nuclear, inclusive envolvendo empresas na oferta de bolsas
Adotar políticas afirmativas como forma de redução da desigualdade de gênero
Atuar de forma ativa e engajada nas redes sociais e adequar a linguagem para que seja mais acessível
Ampliar a oferta e o alcance de eventos como workshops educacionais, palestras em escolas e universidades, olimpíadas nucleares, bem como o desenvolvimento de materiais educativos acessíveis ao público em geral
Melhorar a infraestrutura e a divulgação dos espaços de popularização da ciência na área nuclear
Fortalecer as ações da Rede de Comunicação do Setor Nuclear
Revisar o Plano de Comunicação Social do Setor Nuclear
Adotar iniciativas de implantação de gestão do conhecimento nas organizações do setor nuclear
Envidar esforços para garantir a realização de concurso público para as instituições do setor
Estabelecer parcerias com as grandes mídias convencionais, visando a divulgação de notícias, desenvolvimentos e avanços no setor nuclear
Promover uma comunicação integrada voltada para a formação de consciência cidadã sobre a energia nuclear

CONCLUSÃO

A Conferência Temática de Ciência e Tecnologia Nuclear foi uma oportunidade de reunir diversos especialistas, representantes de diversas instituições, civis e militares, com o propósito de discutir abertamente os desafios e oportunidades no setor nuclear brasileiro.

O evento foi muito importante e houve consenso entre os participantes, que encontros semelhantes sejam realizados anualmente. Reiteradamente, destacou-se que o setor nuclear está diante de uma grande oportunidade que o país precisa aproveitar melhor. Embora os desafios sejam enormes, é possível superá-los com um esforço coordenado entre os diversos atores da área.

A tecnologia nuclear tem passado por ciclos de expansão e retração ao longo da história. Atualmente, a missão de todos os envolvidos é garantir que o ciclo virtuoso de desenvolvimento nacional seja plenamente aproveitado.

Este documento servirá não só como referência para nortear a participação dos representantes do setor na 5ª CNCTI, mas também como base para a atualização da Política Nuclear Brasileira e para a elaboração de um Programa Nuclear Brasileiro.





MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

