



**ANE BRASIL**  
ACADEMIA  
NACIONAL DE  
ENGENHARIA

# A Engenharia Transformando o Brasil

(Memória)

 **FAPERJ**  
Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo  
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro



## **Publicação realizada pela Academia Nacional de Engenharia (ANE)**

Com apoio da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ. Projeto aprovado no Edital de Apoio às Academias Sediadas no Estado do Rio de Janeiro – Processo SEI nº 260003/016305/2023

### **Edição:**

José Roberto Boisson de Marca (ANE)

Edson Hirokazu Watanabe (UFRJ / ANE)

**Fotografias:** Andréa Antunes

**Tiragem:** 300 exemplares

Rio de Janeiro, setembro de 2025

---

## **A Engenharia Transformando o Brasil**

editores: José Roberto Boisson de Marca, Edson Hirokazu Watanabe.

1. ed. – Rio de Janeiro, RJ, 2025.

92 p. : il. color. ; 23 cm

ISBN: 978-65-988292-0-9

- I. Watanabe, Edson Hirokazu, org.
- II. Boisson de Marca, José Roberto, org.

CDU: 62(81)

CDD: 620.01

## A Engenharia Transformando o Brasil

O Seminário A Engenharia Transformando o Brasil, promovido pela Academia Nacional de Engenharia (ANE), realizado nos dias 21 e 22 de outubro de 2024, foi apenas o primeiro de muitos encontros que, certamente, serão realizados nos próximos anos com igual êxito.

O evento reuniu especialistas e lideranças da academia, da indústria e do governo, proporcionando um espaço enriquecedor para ampliar e aprofundar o debate sobre os desafios da engenharia nacional diante das transformações do mundo contemporâneo. Com isso, a ANE reafirmou sua missão de fortalecer e defender a engenharia brasileira e seu papel fundamental para a sociedade.

Nosso reconhecimento às autoridades que prestigiaram o seminário, entre elas: Luís Manuel Fernandes, Ministro Substituto de Ciência, Tecnologia e Inovação; Júlio Lopes, Deputado Federal; Almirante de Esquadra Júlio Soares Moura Neto, ex-Comandante da Marinha do Brasil; Francis Bogossian, presidente do Clube de Engenharia; Eliete Bouskela, presidente da Academia Nacional de Medicina; e José Domingo Pérez Muñoz, presidente da Academia Panamericana de Ingeniería.

Agradecemos também aos painelistas pelo comprometimento e valiosas contribuições, bem como à equipe organizadora, em especial ao Acad. José Roberto Boisson de Marca, coordenador-geral do seminário.

Este evento reforça a importância da engenharia como agente de transformação e inovação para o Brasil, e abre caminho para novas discussões, propostas e avanços na área. Seguimos firmes na construção de um futuro melhor.



**Mário Menel**

*Presidente*

*Academia Nacional de Engenharia*

## Prefácio

O Seminário ***A Engenharia Transformando o Brasil*** foi o primeiro evento promovido pela Academia Nacional de Engenharia (ANE) aberto ao público e realizado fora de suas instalações, buscando engajamento com a sociedade em geral e a imprensa objetivando mostrar a importância estratégica da Engenharia para o desenvolvimento Brasil como país menos desigual e mais sustentável.

Os temas do programa deste Seminário estão alinhados com as prioridades nacionais, mas longe de exaurir esses temas, convergindo com Planos lançados recentemente pelo governo federal, como o Plano Brasileiro de Inteligência Artificial, a Política Nacional de Transição Energética, o Programa Nova Indústria Brasil e o Programa Nacional do Meio Ambiente.

Esses Programas visam aumentar a competitividade da economia brasileira com sustentabilidade. Aumentar a competitividade não depende apenas da Engenharia, mas sem um Engenharia de alto nível essa seria uma luta perdida desde o início. Pontos críticos para o sucesso incluem: formação de recursos humanos qualificados, manutenção dos talentos no Brasil e atração de outros que atuam no exterior, principalmente, os brasileiros, investimentos em infraestrutura e transformação digital, além da defesa dos recursos estratégicos nacionais, incluindo os bancos de dados essenciais para a inteligência artificial.

Para que essa estratégia seja bem-sucedida, precisamos de uma Engenharia forte. A Engenharia brasileira, reconhecida internacionalmente há mais de um século, é um pilar essencial do desenvolvimento nacional, para gerar riqueza e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos diminuindo as mal fadadas desigualdades e, quem sabe, eliminando-as.

Há muitos engenheiros renomados no Brasil, e espero que os jovens que estiveram presentes, iniciando suas carreiras, tenham aproveitado a oportunidade para debater os temas que fizeram parte do programa e que são essenciais à transformação do país. Se forem de outras áreas, que se inspirem nos bons exemplos apresentados onde a Engenharia fez a diferença para as empresas continuarem competitivas no mundo.

O seminário reforçou o papel central da Engenharia como catalisadora de mudanças estruturais. Seja conectando startups à indústria, reformando a educação, ampliando o acesso à tecnologia ou liderando a transição energética, o Brasil tem ativos únicos para assumir uma posição de protagonismo global.

O desafio está agora na articulação intersetorial, em políticas públicas coerentes e no investimento contínuo em talentos, infraestrutura e inovação tecnológica.

Os textos a seguir foram obtidos primeiramente com o uso de uma ferramenta de conversão áudio-texto e nos textos resultantes foram empregadas diferentes plataformas de inteligência artificial (IA). Houve também um esforço para sintetizar as falas que ocorreram durante o evento. Aproveitamos para agradecer ao Acad. Edmundo de Souza e Silva e sua equipe por liderar e desenvolver este trabalho.

Para finalizar gostaríamos de fazer alguns agradecimentos, inicialmente agradecemos à FAPERJ, instituição de apoio à pesquisa e desenvolvimento do Estado do Rio de Janeiro e do Brasil, pelo apoio financeiro por meio do Edital que fortalece as Academias nacionais sediadas no Estado do Rio de Janeiro.

Registramos também o apoio contínuo recebido da Diretoria da ANE, e em particular do seu Presidente, Acad. Mário Menel, durante a organização e realização do evento.

Para finalizar, queremos fazer um agradecimento especial à Andrea Antunes, Assessora Administrativa e de Comunicação da ANE, que trabalhou incansavelmente para garantir o sucesso deste Seminário.

Aproveitem a Leitura.



**José Roberto Boisson de Marca**  
(Coordenador do Seminário)



**Edson Hirokazu Watanabe**  
(Vice-Coodenador do Seminário)



---

Aponte a câmera para o QR Code e confira a programação completa do evento.

## Resumo Executivo

O seminário “A Engenharia Transformando o Brasil” reuniu especialistas e lideranças da academia, indústria e governo para debater os rumos da engenharia nacional diante dos desafios contemporâneos. A agenda foi estruturada em seis sessões temáticas que trataram desde a neointustrialização até a gestão dos recursos hídricos, passando por formação profissional, transformação digital, inteligência artificial, transição energética e saneamento.

Na abertura do evento, foi discutida a importância das startups e das chamadas *deep techs* como catalisadoras da neointustrialização brasileira. Experiências como as da Embrapii, que conecta grupos de pesquisa a projetos industriais, e da startup Minerva Controls, especializada em *Digital Twins*, evidenciam o potencial da colaboração entre academia e setor produtivo. A atuação da Embraer com tecnologias da Indústria 4.0 também foi destacada, enfatizando a formação de talentos e a convergência entre inovação, competitividade e sustentabilidade.

A sessão seguinte aprofundou o debate sobre as oportunidades para a engenharia nesse novo contexto industrial. Jefferson de Oliveira Gomes (CNI), Rafael Mesquita (CBMM) e Luiz Carlos Guedes (TUPY) mostraram como a inovação tecnológica, a economia circular e a digitalização podem transformar a indústria nacional. Exemplo disso é o uso do nióbio em baterias de carregamento ultrarrápido e práticas sustentáveis em fundições brasileiras ou desenvolvimento de blocos de motores de ferro fundido mais leves do que feito com alumínio. A necessidade de engenheiros preparados para o século XXI e o estímulo à cultura de inovação foram reforçados como prioridades no processo de reindustrialização.

Na terceira sessão, o professor Luiz Bevilacqua trouxe reflexões profundas sobre o ensino de engenharia no Brasil. Ele defendeu um novo paradigma para a formação universitária, com mais flexibilidade curricular, integração com a indústria e estímulo ao pensamento interdisciplinar. Enfatizou também que a universidade deve assumir um papel mais ativo na antecipação de problemas e formulação de soluções estratégicas para o país. A valorização do conhecimento nacional e a redução da dependência tecnológica foram apontadas como caminhos para o fortalecimento da engenharia brasileira.

O eixo da transformação digital foi tratado com foco na inclusão tecnológica no campo e nas redes de comunicação 6G. O projeto SemeAr, onde o CPqD tem papel de grande importância, apresentou resultados concretos ao usar conectividade e IoT (Internet das Coisas) para melhorar a produtividade e renda de pequenos produtores. Já o INATEL detalhou o projeto Brasil 6G, que coloca o país na vanguarda da próxima geração de redes móveis. A promessa do 6G de integrar os mundos físico, digital e biológico, com aplicações em saúde, agricultura e cidades inteligentes, abre uma janela de oportunidade para o Brasil liderar padrões globais de telecomunicações.

A inteligência artificial (IA) foi abordada sob a ótica dos desafios para a engenharia. Especialistas da PSR, IPT e Embraer apresentaram como a IA está

sendo aplicada em modelos energéticos, gêmeos digitais industriais e aviação autônoma. Debateram-se ainda os impactos da IA sobre o consumo energético e a necessidade de formar profissionais com capacidade de adaptação contínua. A governança de dados, a segurança cibernética e a integração entre modelos clássicos e de aprendizado de máquina foram temas centrais das discussões.

A transição energética, foco da sessão seguinte, foi tratada como um desafio complexo que exige pragmatismo, inovação e coordenação estratégica. Foram debatidos os obstáculos e oportunidades da descarbonização no Brasil, que já possui uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo. Especialistas como Pietro Erber, Antonio Capeleiro e Djalma Falcão apontaram a importância de tecnologias como hidrogênio verde, energia nuclear, baterias e hidrelétricas reversíveis, além de uma governança regulatória eficiente. Destacou-se também o papel do Brasil como potencial exportador de produtos industriais verdes, aproveitando sua matriz energética renovável.

No painel de debates da transição energética, nomes como Albert Melo, Altino Ventura, Eduardo Serra e Graça Foster reforçaram a necessidade de uma agenda própria para o Brasil, que leve em conta a realidade socioeconômica do país. Defendeu-se a retomada do protagonismo hidroelétrico, o fortalecimento do planejamento energético e o equilíbrio entre fontes renováveis variáveis e firmes. A transição energética foi vista não apenas como uma obrigação climática, mas como uma oportunidade de desenvolvimento nacional com justiça social.

Na sessão de saneamento, os avanços após o novo marco legal foram apresentados por Marilene Ramos, que destacou o aumento dos investimentos privados, a regionalização das concessões e os resultados positivos em estados como Rio de Janeiro e Amapá. Luiz Firmino, Paulo Canedo e Miguel Fernández discutiram a importância do sistema de tempo seco, da integração entre drenagem e esgoto e da revisão da estrutura tarifária. O painel defendeu soluções técnicas realistas, regulação eficiente e maior capacitação dos gestores públicos para avançar rumo à universalização dos serviços.



*Participantes do Seminário ANE 2024*

Por fim, a sessão sobre recursos hídricos destacou os desafios da gestão integrada e da governança da água no Brasil. Benedito Braga relembrou a crise do Sistema Cantareira como marco de aprendizado sobre resiliência hídrica. Patrícia Boson apontou a fragilidade dos comitês de bacias hidrográficas e defendeu uma abordagem descentralizada e adaptada às realidades locais. Durval Dourado apresentou um estudo da ESALQ sobre gestão de microbacias e práticas de irrigação sustentável, enquanto Fernando Lins abordou a mineração e seu impacto sobre os recursos hídricos, reforçando a importância da transparência e da inovação tecnológica no setor.

Em suma, o seminário mostrou que a engenharia tem um papel decisivo na construção de um Brasil mais sustentável, inovador e competitivo. O caminho passa por fortalecer a formação profissional, investir em ciência e tecnologia, integrar setores estratégicos e formular políticas públicas baseadas em evidências e colaboração multissetorial. O evento concluiu com uma visão otimista, mas realista, sobre a capacidade do país de transformar seus desafios estruturais em oportunidades de desenvolvimento com inclusão e soberania tecnológica.



*O seminário reuniu profissionais, estudantes e especialistas em dois dias de troca de conhecimento e discussões sobre engenharia e inovação*

# Índice

<b>Abertura .....</b>	<b>10</b>
<b>Sessão 1 – Neointustrialização .....</b>	<b>15</b>
<b>Painel 1: A Importância de Startups na Neointustrialização ...</b>	<b>15</b>
<b>Painel 2: Oportunidades para a Engenharia     na Neointustrialização .....</b>	<b>20</b>
<b>Sessão 2 – A formação de Engenheiros e Engenheiras .....</b>	<b>25</b>
<b>Palestra: A Formação de engenheiros e engenheiras:     saber para fazer ou fazer para saber .....</b>	<b>25</b>
<b>Sessão 3 – Transformação Digital e Inteligência Artificial .....</b>	<b>30</b>
<b>Palestra 3.1: Transformação Digital no Campo:     Uma Abordagem Inclusiva .....</b>	<b>30</b>
<b>Palestra 3.2: Redes 6G: a próxima revolução .....</b>	<b>35</b>
<b>Painel: Desafios para a Engenharia nos tempos de IA .....</b>	<b>42</b>
<b>Sessão 4 – Transição Energética - Parte 1 (Palestras) .....</b>	<b>50</b>
<b>Palestra 4.1: Visão Geral da Transição Energética .....</b>	<b>50</b>
<b>Palestra 4.2: Temas Centrais da Transição Energética .....</b>	<b>52</b>
<b>Palestra 4.3: Desafios da Transição Energética .....</b>	<b>59</b>
<b>Painel: Desafios da Transição Energética no Brasil .....</b>	<b>62</b>
<b>Sessão 5 – Água, Desenvolvimento e Qualidade de Vida .....</b>	<b>73</b>
<b>Painel 1: Saneamento .....</b>	<b>73</b>
<b>Painel 2: Recursos Hídricos .....</b>	<b>81</b>
<b>Desafios para o Brasil identificados no Seminário .....</b>	<b>89</b>
<b>Lista de Palestrantes/Painelistas e Coordenadores .....</b>	<b>91</b>

# Seminário: “A Engenharia Transformando o Brasil” (Transcrição Resumida das Sessões)

## Abertura

**Componentes da Mesa:** José Roberto Boisson de Marca (Coordenador do Seminário e Moderador da Cerimônia de Abertura), Mario Menel (Presidente da Academia Nacional de Engenharia), Luis Manuel Fernandes (Ministro Substituto de Ciência, Tecnologia e Inovação), Eliete Bouskela (Presidente da Academia Nacional de Medicina e Diretora Científica da Faperj), Júlio Lopes (Deputado Federal), Francis Bogossian (Presidente do Clube de Engenharia), José Domingo Pérez Muñiz (Presidente da Academia Pan-Americana de Engenharia), Almirante de Esquadra Júlio Soares Moura Neto (ex-Comandante da Marinha do Brasil).

## Discursos<sup>1</sup>

### *José Roberto Boisson de Marca (Coordenador do Seminário)*

Este é, que eu me lembre, o primeiro evento da Academia Nacional de Engenharia (ANE) aberto ao público, realizado fora de nossas instalações, buscando engajamento com a imprensa e mostrando a importância da Engenharia para o Brasil. Muito obrigado a todos que aqui estão e também àqueles que estão participando virtualmente.

Possivelmente, mais pessoas chegarão, pois o nosso programa é extenso. Agradeço também à FAPERJ pelo apoio financeiro por meio de um edital que fortalece as Academias nacionais sediadas no Estado do Rio de Janeiro. Muito obrigado à Professora Eliete Bouskela, Diretora Científica da FAPERJ, e ao Professor Jerson Lima e Silva, Presidente da FAPERJ, e, naturalmente, agradeço à FAPERJ como instituição de apoio à pesquisa e desenvolvimento do Estado do Rio de Janeiro e do Brasil e, em especial, pelo apoio a este evento e outras atividades relacionadas com a divulgação da Engenharia, em meu nome e em nome da ANE também.

Agradeço ao Engenheiro Mário Menel, Presidente da Academia Nacional de Engenharia, pelo apoio contínuo durante a organização deste evento e, especialmente, à comissão organizadora, composta pelos Acadêmicos Edson Watanaabe, nosso Vice Coordenador Álvaro Prata; Djalma Falcão; Edmundo de Souza e Silva; Flávio Grynspan; Jerson Kelman; Liedi Bernucci, Ronaldo Tadêu Pena e Virginia Ciminelli. Vocês fizeram um ótimo trabalho.

Por fim, quero fazer um agradecimento especial à Andréa Antunes, Assessora Administrativa e de Comunicação da ANE, que trabalhou incansavelmente nos últimos meses para garantir o sucesso deste Seminário. Muito obrigado, Andréa, pelo seu trabalho fantástico.

Os temas do programa deste Seminário estão alinhados com as prioridades na-

<sup>1</sup> Todos os discursos estão apresentados de forma resumida.

cionais, convergindo com Planos lançados recentemente pelo governo federal, como o Plano Brasileiro de Inteligência Artificial, a Política Nacional de Transição Energética, o Programa Nova Indústria Brasil e o Programa Nacional do Meio Ambiente.

Esses Programas visam aumentar a competitividade da economia brasileira com sustentabilidade. Pontos críticos para o sucesso incluem: formação de recursos humanos qualificados, atração de talentos para o Brasil, investimentos em infraestrutura e transformação digital, além da defesa dos recursos estratégicos nacionais, incluindo os bancos de dados essenciais para a inteligência artificial.

Para que essa estratégia seja bem-sucedida, precisamos de uma Engenharia forte. A Engenharia brasileira, reconhecida internacionalmente há mais de um século, deve continuar sendo um pilar do desenvolvimento nacional, gerando riqueza e melhorando a qualidade de vida dos cidadãos.

Há muitos engenheiros renomados no Brasil, e espero que os jovens aqui presentes, iniciando suas carreiras, aproveitem este espaço para debater os temas essenciais à transformação do país, como indica o título do Seminário.

Muito obrigado a todos e passo a palavra ao presidente da Academia Nacional de Engenharia, Engenheiro Mário Menel.

### ***Mário Menel (Presidente da ANE)***

Vivemos um momento em que a engenharia nacional precisa se posicionar. O país enfrenta desafios que exigem o protagonismo da nossa área. Como o Engenheiro Francis Bogossian, ex-Presidente desta Academia, sempre diz: sem Engenharia, não há progresso, não há uma sociedade com qualidade de vida adequada.

Neste Seminário, discutiremos temas fundamentais, como saneamento básico — com a liderança do Acad. Jerson Kelman —, transição energética, e outros tópicos cruciais para o futuro do país. Acredito firmemente que uma Academia de Engenharia que não se posiciona não cumpre sua função. Somos uma elite de engenheiros altamente capacitados, e nossa inteligência deve ser colocada a serviço do Brasil.

Espero que este Seminário nos leve a tomar posicionamentos claros, baseados nos debates e reflexões que ocorrerão. Quero mais uma vez agradecer ao deputado federal Júlio Lopes pela sua presença e pelo apoio de sempre. Muito obrigado a todos e desejo um excelente evento!

### ***Júlio Lopes (Deputado Federal)***

É um prazer enorme estar aqui. Quero cumprimentar a todos em nome do Presidente Mário Menel, que também preside a ABIAPE (Associação Brasileira dos Investidores em Autoprodução de Energia), uma associação extremamente importante para investimentos na área de energia elétrica e no setor energético como um todo.

Hoje estamos aqui para discutir a renovação e a transformação da engenharia. Esses desafios são fundamentais, não apenas para a engenharia, mas para a sociedade como um todo. Acredito que cada um de nós aqui, enquanto enge-

nheiros, deve refletir sobre as oportunidades extraordinárias que surgem com o avanço da inteligência artificial e outras inovações tecnológicas.

Lembro-me de uma notícia recente sobre a “desextinção” de espécies como o mamute, prevista para 2028. Isso mostra o que a ciência e a tecnologia podem alcançar. Esses desafios não são diferentes dos que enfrentamos nas engenharias civil, industrial, nuclear e tantas outras. Precisamos reinventar, redescobrir e reindustrializar o Brasil, criando um futuro próspero e cheio de oportunidades para todos.

Quero agradecer ao Mário Menel e a todos vocês pela dedicação e pela realização deste evento. É uma honra estar aqui contribuindo para debates tão significativos.

***Eliete Bouskela (Diretora Científica da FAPERJ e Presidente da Academia Nacional de Medicina)***

É com enorme prazer que estou aqui hoje, vestindo dois chapéus: como representante da FAPERJ e como presidente da Academia Nacional de Medicina.

Gostei muito das palavras do acadêmico Mário Menel. Concordo plenamente que as Academias não devem ser torres de marfim, isoladas da sociedade. Precisamos ser reconhecidos pela população e corresponder aos seus anseios legítimos.

Recentemente, participei de um seminário organizado por Armínio Fraga, presidente do IEPES (Instituto de Estudos para Políticas de Saúde), onde descobri que o Brasil é líder em ressonâncias magnéticas por 100 mil habitantes, mesmo comparado aos países da OCDE. No entanto, durante a pandemia de COVID-19, vimos que não tínhamos capacidade de produzir máscaras ou respiradores simples. Isso é inaceitável.

A parceria entre a Academia Nacional de Medicina e a Academia Nacional de Engenharia é essencial para que o Brasil se desenvolva e alcance melhores condições para sua população. Precisamos combater a escalada de preços nos insumos de saúde, algo que nem o SUS (Sistema Único de Saúde) nem a saúde suplementar conseguem suportar.

Quero também destacar a urgência de enfrentar problemas como a obesidade, que afeta 60% da população brasileira. Isso é uma questão de saúde pública e não pode ser ignorada. A obesidade precisa ser tratada como uma doença séria.

Além disso, reforço a importância de as Academias trabalharem juntas para serem mais reconhecidas. É um absurdo que a maioria dos estudantes de nossas áreas nem saiba que elas existem. Precisamos ser mais atuantes e mostrar nossa relevância para a sociedade.

Gostaria de finalizar saudando o Acad. Álvaro Prata, presidente da EMBRAPA, e destacando a importância de atrair médicos para a pesquisa no Brasil. Precisamos mudar o quadro atual, onde poucos médicos se dedicam à pós-graduação.

Agradeço a oportunidade e reafirmo que a FAPERJ está à disposição para unir esforços com a Academia Nacional de Engenharia e outras instituições.

Muito obrigada.

**Luis Manuel Rebelo Fernandes** (*Ministro Substituto do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações*)

Quero, inicialmente, trazer a saudação da Ministra de Ciência, Tecnologia e Inovação, Luciana Santos, que está de licença. Por isso, estou aqui como Ministro Substituto. Entretanto, mesmo que estivesse em minha função habitual como Secretário Executivo, eu teria vindo, pois este é um evento que considero de extrema importância.

Gostaria de saudar o presidente da Academia Nacional de Engenharia, Mário Menel, e agradecer o convite. Cumprimento também o deputado Júlio Lopes, um defensor incansável da engenharia nacional e aliado no desenvolvimento do programa nuclear brasileiro.

Cumprimento ainda a professora Eliete Bouskela, representando a FAPERJ e a Academia Nacional de Medicina, além do Acad. Francis Bogossian, presidente do Clube de Engenharia, e o engenheiro José Domingo Pérez Muñiz, presidente da Academia Pan-Americana de Engenharia.

Não posso deixar de mencionar o Almirante Júlio Soares de Moura Neto, com quem tive a oportunidade de trabalhar em prol do desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação na área de defesa.

Gostaria de começar com uma breve lembrança, até de tom anedótico, relacionada ao local onde estamos. Este hotel, o Pestana, fica onde antigamente estava o cinema Rian, aqui na praia de Copacabana. Como carioca, isso traz memórias de minha juventude, quando saíamos da praia e entrávamos no cinema descalços, com areia nos pés. Essas lembranças tornam esta ocasião ainda mais especial.

Mas, entrando na questão substantiva, o tema deste Seminário é essencial: “A Engenharia Transformando o Brasil”. A engenharia nacional teve papel crucial no primeiro ciclo de industrialização do país. No entanto, por uma série de razões, esse ciclo foi interrompido, o que resultou em uma crise na engenharia brasileira.

Hoje o desafio é reconstruir esse projeto de desenvolvimento nacional, desta vez em novas bases. A nova política industrial, batizada de “Nova Indústria Brasil”, busca integrar inovação, engenharia e ciência de forma coesa. Precisamos superar a ideia de que pacotes tecnológicos vindos de fora resolveriam os problemas nacionais. O novo esforço de industrialização exige que a engenharia seja protagonista na transformação digital, na transição energética, no saneamento, na defesa e na saúde.

Outro ponto positivo é que há hoje uma convergência estratégica em diversos setores da sociedade civil, incluindo a Confederação Nacional da Indústria e entidades acadêmicas, em torno dessa agenda de desenvolvimento. É algo inédito, pois no passado havia muitas disputas sobre os rumos do país.

Para transformar essas proposições em resultados concretos, precisamos de força material, e isso inclui recursos financeiros. Com o orçamento do FNDCT (Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) de cerca de R\$20 bilhões para 2025 — o maior da história —, temos condições de investir em infraestrutura, inovação nas empresas e ciência aplicada. Esse orçamento é um marco,

fruto de uma lei que garantiu que o fundo não pode ser contingenciado.

Gostaria de enfatizar que esse momento exige otimismo e ação coordenada. A engenharia tem um papel insubstituível nesse esforço de reconstrução do Brasil, e acredito que estamos no caminho certo. Este seminário é uma oportunidade para aprofundarmos esses debates e definirmos estratégias claras para o futuro.

Agradeço novamente o convite e desejo um excelente evento a todos.

### ***José Roberto Boisson de Marca***

Muito obrigado, Ministro Substituto Luis Manuel Fernandes, por suas palavras inspiradoras e pelo otimismo com que aborda os desafios e as oportunidades que temos pela frente. Agora passo a palavra novamente ao presidente Mário Menel para algumas considerações finais e a abertura oficial do Seminário.

### ***Mário Menel***

Gostaria de destacar a cooperação entre a ANE e a Academia Pan-Americana de Engenharia, que será formalizada amanhã com a assinatura de um acordo. Agradeço a todos os presentes por contribuírem para este momento de discussão e aprendizado. Declaro oficialmente aberto o Seminário e desejo a todos um evento produtivo e transformador.



*Mesa da Cerimônia de Abertura do Seminário ANE 2024 e o Deputado Júlio Lopes discursando*

## Sessão 1 – Neindustrialização

### Painel 1: A Importância de Startups na Neindustrialização

#### Moderador: Flávio Grynspan

Este painel abre o seminário com a discussão sobre o programa de Neindustrialização. Vamos explorar alguns dos mecanismos recentes que consideramos fundamentais para o desenvolvimento desse processo. Este painel se concentrará em apresentar novos mecanismos de inovação.

Na sequência, teremos um painel, coordenado pelo Acad. Álvaro Prata, que destacará projetos em andamento e abordará os novos caminhos para a neindustrialização no Brasil, conforme enfatizado pelo Secretário Executivo e Ministro Substituto do MCTI, Luís Manuel Fernandes.

Pessoalmente, sou um defensor do papel das *startups* como um mecanismo inovador para resolver gargalos significativos. Quero compartilhar um pouco da minha experiência: passei parte da minha carreira na academia, sendo professor no Programa de Engenharia Biomédica da COPPE/UF RJ, e depois trabalhei em uma multinacional como presidente da Motorola do Brasil. Nos últimos anos, tenho me dedicado a promover *startups*, uma dinâmica essencial do século XXI.

As *startups* surgiram como uma evolução natural no processo de transferência de resultados de pesquisa acadêmica para o mercado. Este modelo, iniciado nos Estados Unidos, é amplamente apoiado por polos como o Vale do Silício, com universidades renomadas como Stanford e UC Berkeley liderando o processo de criação de novos negócios. Exemplos como Google, Airbnb e Uber nasceram dessa dinâmica.

É essencial que aprendamos a valorizar esse mecanismo no Brasil, pois ele pode atrair investimentos, tanto públicos quanto privados, gerando um crescimento rápido e significativo. Veja o caso da Tesla, que começou como uma ideia e hoje tem um valor de mercado superior ao das grandes montadoras tradicionais combinadas.

O fortalecimento das *startups* beneficia diretamente a engenharia, pois permite transformar ideias e pesquisas em algo economicamente viável. No Brasil, estamos começando a consolidar este movimento iniciado em 2017-2018. Devemos aproveitar essa oportunidade para fortalecer nosso desenvolvimento e aplicar o aprendizado de países que já avançaram nesse caminho.

Outro ponto importante é o papel da academia e sua integração com a indústria. Nos Estados Unidos, as Academias Nacionais de Engenharia, Medicina e Ciências são integradas, o que permite uma visão abrangente dos problemas da sociedade. Podemos adotar algo similar aqui no Brasil para acelerar a transferência de conhecimento.

Cito o livro *\*O Dilema da Inovação\**, de Clayton Christensen, que aborda a dificuldade de grandes empresas em inovar devido a suas responsabilidades internas, como pagamento da folha e aversão ao risco. Na maioria das vezes, as

inovações na indústria são incrementais, não disruptivas. Para sermos competitivos, precisamos fomentar mudanças mais radicais.

Por isso, enfatizo os três papéis principais da universidade:

1. Formação de pessoal qualificado;
2. Realização de pesquisa avançada;
3. Transferência de conhecimento para o mercado.

Nos Estados Unidos, o Bayh-Dole Act exige que instituições públicas de pesquisa realizem a transferência tecnológica. No Brasil, ainda estamos no estágio do “pode” transferir, e não “deve” transferir, o que precisamos superar. Neste painel, discutiremos como startups e outros mecanismos podem atuar como veículos de ligação entre a academia e o setor produtivo.

Convido agora o Marcelo Prim para sua apresentação. Marcelo é engenheiro mecânico pela Universidade Federal de Santa Catarina, com mestrado e doutorado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica pelo ITA. Atuou em desenvolvimento de tecnologias na Embraer, Natura e diversas *startups*. Atualmente, é diretor de operações da Embrapii.

### **Painelista 1: Marcelo Prim**

Obrigado, professor Flávio, pela introdução. Hoje vou apresentar as iniciativas da Embrapii no apoio a *startups* e a *deep techs* no Brasil.

Enfrentamos grandes pressões demográficas e ambientais. A população mundial deve alcançar 10 bilhões até o final do século, com mudanças significativas na proporção de jovens e idosos, impactando o mercado de trabalho e aumentando a demanda por inovação e eficiência produtiva.

O Brasil tem um papel central nesse cenário, com potencial em talentos, energia, água e alimentos. Com o programa da Nova Indústria Brasil, temos a oportunidade de liderar avanços em tecnologia e sustentabilidade. No entanto, precisamos transformar a imagem da indústria como poluente para uma baseada em sustentabilidade e inovação digital.

A Embrapii desempenha um papel crucial nesse movimento, conectando o setor industrial a 93 grupos de pesquisa de excelência em todo o país. Recentemente, visitei Santarém, onde presenciei uma transformação inspiradora: a Universidade Federal do Oeste do Pará lidera iniciativas em bioeconomia, com sete projetos em seis meses, totalizando R\$ 3 milhões investidos. Este é um exemplo claro do impacto positivo da nova política industrial.

Nosso modelo de operação é ágil, sem a necessidade de editais demorados. Credenciamos grupos de pesquisa com foco tecnológico, corpo técnico qualificado, infraestrutura pronta e experiência com a indústria. Trabalhamos no “vale da morte” da inovação, entre os níveis 3 e 6 de maturidade tecnológica, acelerando ideias promissoras para o ambiente industrial.

Até hoje, apoiamos mais de 2.800 projetos, totalizando R\$ 4,4 bilhões, com metade dos recursos aportados pelas empresas envolvidas.

Destaco o programa \*Lab to Market\*, criado especificamente para apoiar *startups* e *deep techs*, com financiamento facilitado e suporte técnico.

Finalizo reforçando que, com convergência de esforços e políticas públicas, podemos consolidar o Brasil como líder em inovação tecnológica e sustentabilidade.

### **Moderador:**

Agora convido Rodrigo Juliani para sua apresentação. Rodrigo é mestre e doutor em Engenharia de Sistemas pela Poli-USP, sócio fundador e CEO da *startup* Minerva Controls, especializada em *Digital Twins* dinâmicos.

### **Painelista 2: Rodrigo Juliani**

Vou abordar três tópicos principais: quem somos, o que fazemos, e como transferimos tecnologia da universidade para a indústria.

A *Minerva Controls* é uma *startup deep tech* especializada em *Digital Twins* dinâmicos, réplicas digitais que simulam o comportamento de processos e equipamentos ao longo do tempo. Desde 2010, aplicamos essa tecnologia em diversos segmentos industriais, como o de óleo e gás e o farmacêutico.

Nosso trabalho começa com a coleta de dados industriais. A partir desses dados, criamos modelos matemáticos que geram réplicas digitais dos processos. Isso nos permite executar simulações em um ambiente virtual, otimizando o desempenho sem interromper a produção real.

Trabalhamos em três principais frentes:

1. Otimização industrial – Melhoramos índices técnicos em até 85%, ajustando variáveis como temperatura e pressão para reduzir desperdícios;
2. Planejamento e programação de produção (PCP) – Utilizamos nossos modelos para prever e planejar a produção, reduzindo gargalos e ajustando rapidamente mudanças no processo;
3. Manutenção preditiva – Monitoramos continuamente ativos para identificar falhas antes que ocorram, reduzindo custos e aumentando a eficiência operacional.

Nossa trajetória começou como um grupo de pesquisa na USP, onde publicamos diversos artigos e desenvolvemos a base da nossa tecnologia. Em 2015, criamos a *Minerva Controls* para levar essas soluções ao mercado, apoiados por iniciativas como FAPESP e programas de aceleração.

Acredito que a responsabilidade de cruzar o gap entre a academia e o mercado deve ser compartilhada por ambas as partes, mas o envolvimento direto de pesquisadores na criação de *startups* é crucial para a inovação tecnológica sustentável.

Encerrando, destaco que nossa *startup* mantém parcerias com especialistas acadêmicos e do setor industrial, fortalecendo a conexão entre pesquisa e mercado.

### **Moderador:**

Obrigado, Rodrigo. Sua experiência ilustra bem o potencial das deep techs no Brasil. Gostaria de ver mais iniciativas como essas, inclusive explorando *Digital Twins* na área médica, para diagnósticos personalizados.

Gléverson Lemos é engenheiro eletricista com 13 anos de experiência na indústria aeroespacial. Ele é mestre em Engenharia Elétrica, possui MBA em Gerenciamento de Projetos e é um executivo de inovação que lidera a Vertical Indústria 4.0 na Embraer.

### **Painelista 3: Gléverson Lemos**

Vou compartilhar como a Embraer está utilizando a Indústria 4.0 para transformar suas operações e aproveitar oportunidades do ecossistema industrial brasileiro.

A Indústria 4.0 conecta tecnologias avançadas como IoT (Internet das Coisas), inteligência artificial, realidade aumentada e robótica avançada, criando um ambiente mais eficiente e sustentável e que utiliza os dados em tempo real para tomar decisões mais precisas. A Vertical de Inovação de Indústria 4.0 tem a missão de alavancar a competitividade da Embraer e de suas unidades de negócios através de projetos e iniciativas que se baseiam nessas tecnologias e se aplicam desde o design até a fabricação e operação das aeronaves.

Nesse sentido, nosso foco, além da tecnologia, também está na formação de talentos. Colaboramos com universidades e centros de pesquisa para desenvolver soluções inovadoras e preparar profissionais para o futuro. Exemplos incluem parcerias com *startups* e programas como o da Embrapii, que têm sido fundamentais para acelerar projetos.

Entendemos que a integração entre empresas, academia e governo é essencial para o sucesso da neointustrialização no Brasil. A Embraer tem consciência do seu papel e busca participar desse movimento, alinhando inovação com competitividade global.

Obrigado e fico à disposição para perguntas.

### **Moderador:**

Agradeço a apresentação do Engenheiro Gléverson Lemos e, agora, abriremos para perguntas do público.

## **Perguntas e Respostas**

### **Pergunta 1**

*Como podemos garantir que o conhecimento gerado nas universidades chegue ao setor produtivo de maneira eficaz?*

## **Gléverson Lemos**

*Acredito que mecanismos como startups e programas de transferência tecnológica são fundamentais. Precisamos criar incentivos para que pesquisadores participem diretamente da implementação prática de suas descobertas, como é feito com o Bayh-Dole Act nos EUA.*

## **Pergunta 2**

*Quais são os maiores desafios enfrentados pelas deep techs no Brasil?*

## **Rodrigo Juliani**

Os desafios incluem financiamento para desenvolvimento inicial, tempo para maturação tecnológica e apoio regulatório. A integração com programas como Embrapii e FAPESP têm ajudado, mas precisamos de mais iniciativas de aceleração para deep techs.

## **Pergunta 3**

*Como a Embrapii está expandindo seu alcance para além do Sudeste?*

## **Marcelo Prim**

Estamos credenciando mais grupos de pesquisa no Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Santarém é um ótimo exemplo, onde estabelecemos projetos em bioeconomia que estão transformando a região.



*Mesa do Painel 1 sobre a Neoindustrialização*

## Painel 2: Oportunidades para a Engenharia na Neoliberalização

### Moderador: *Alvaro Prata*

Temos o prazer de iniciar o painel número 2 desta sessão, que abordará as oportunidades para a engenharia na Neoliberalização. Hoje contaremos com a participação de três painelistas renomados, especialistas que nos ajudarão a tratar desse tema tão importante.

Esta manhã foi bastante intensa e estimulante, destacando a importância da engenharia e dos engenheiros para elevar a atividade industrial brasileira a novos patamares. Atualmente, o Brasil apresenta uma participação de 3% em publicações científicas, no PIB e na atividade industrial mundial. Este dado, que era semelhante em 1995, tem diminuído com o tempo, reflexo da dificuldade em adotar as tecnologias do século XXI. A agenda deste painel tem como objetivo explorar soluções práticas e caminhos inovadores para superar esses desafios.

Gostaria de enfatizar que o potencial brasileiro é vasto e está longe de ser plenamente explorado. O Brasil conta com recursos naturais abundantes, uma diversidade cultural rica e uma comunidade acadêmica preparada. Contudo, precisamos integrar mais eficientemente esses elementos ao setor produtivo e industrial. Além disso, a colaboração entre universidades, indústrias e governos é essencial para criar um ecossistema de inovação robusto.

Para contribuir com essa discussão, teremos três painelistas:

1. Jefferson de Oliveira Gomes - Doutor em Engenharia Mecânica e diretor de inovação da Confederação Nacional da Indústria (CNI), com vasta experiência em processos de fabricação e transformação industrial. Ele falará sobre como a inovação pode impulsionar a indústria brasileira e tornar o setor mais competitivo;
2. Rafael Mesquita - Doutor em Engenharia de Materiais e diretor de inovação corporativa da Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM), uma referência global em tecnologia de nióbio. Rafael abordará aplicações tecnológicas disruptivas que estão transformando o mercado;
3. Luiz Carlos Guedes - Doutor em Engenharia Metalúrgica e líder na transformação da TUPY, uma multinacional de fundição que é um orgulho brasileiro. Ele trará exemplos concretos de como digitalização e sustentabilidade podem ser incorporadas ao setor industrial.

Tenho certeza de que as apresentações serão esclarecedoras e inspiradoras. Sem mais demora, passo a palavra para o primeiro painalista, Jefferson.



*O Professor Alvaro Prata, moderador da mesa sobre Neoindustrialização, ao lado dos painelistas convidados*

### **Painelista 1: Jefferson de Oliveira Gomes**

Hoje apresentarei o que temos feito na Confederação Nacional da Indústria (CNI) para mobilizar as empresas e CEOs em prol da inovação.

Quero começar destacando um tema fundamental: o trinômio energia, comida e água. Esses elementos, aparentemente desvinculados da indústria, são cruciais para garantir um futuro sustentável e competitivo para o Brasil. Nosso consumo atual de energia é de 25 mil kWh por habitante ao ano, enquanto países como a Alemanha consomem mais de 60 mil kWh. Este dado não apenas evidencia nosso potencial de crescimento, mas também a necessidade de um planejamento mais eficaz para aproveitar nossas fontes renováveis, como energia eólica e solar.

Um aspecto que merece atenção é a construção de infraestruturas sustentáveis e tecnologicamente avançadas. Recentemente, por meio da Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI), promovemos discussões que conectaram empresas, institutos de pesquisa e governos. Essa iniciativa ajudou a desenvolver corredores logísticos sustentáveis, que utilizam biometano derivado de resíduos agrícolas e pecuários. Além disso, temos incentivado a adoção de práticas de economia circular que reduzam o desperdício em toda a cadeia produtiva.

Nosso desafio não é apenas inovar, mas garantir que as inovações cheguem ao mercado de maneira eficaz. Para isso, é essencial integrar ciência, tecnologia e negócios e capacitar nossos engenheiros com habilidades alinhadas às demandas da Indústria 4.0. A mensagem que quero deixar é que a inovação depende de pragmatismo e foco em “acabativas” – ações que de fato geram impacto concreto.

## **Painelista 2: Rafael Mesquita**

É um grande prazer estar aqui hoje para discutir como a tecnologia e a inovação podem transformar nosso setor industrial, especialmente com o uso do nióbio como elemento central em diversas soluções.

Gostaria de começar explicando o que é o nióbio e por que ele é tão importante. Trata-se de um elemento químico único, amplamente utilizado para melhorar a resistência e durabilidade de materiais, além de viabilizar aplicações tecnológicas em setores como mobilidade, energia e infraestrutura. A CBMM, desde os anos 1950, tem sido pioneira no desenvolvimento de aplicações para o nióbio e hoje é líder mundial na produção desse material.

Um dos principais projetos que estamos liderando é a integração do nióbio em baterias de veículos elétricos. Combinando tecnologia de ponta e parcerias estratégicas, desenvolvemos baterias que oferecem carregamento ultrarrápido, completando a carga em apenas oito minutos. Este avanço, realizado em colaboração com empresas como Toshiba e Volkswagen, é especialmente relevante para veículos comerciais como ônibus e caminhões utilizados em operações de mineração, onde eficiência e rapidez são cruciais.

Além das baterias, estamos avançando em outros campos, como materiais magnéticos. O nióbio tem sido um componente essencial no desenvolvimento de materiais mais leves e eficientes, que são fundamentais para a transição energética e para a eletrificação de veículos. Também estamos explorando aplicações disruptivas no setor agrícola, incluindo o uso do nióbio em defensivos agrícolas para aumentar a produtividade de forma sustentável.

Um ponto que quero enfatizar é que a inovação vai além do desenvolvimento de produtos. É necessário criar mercados e educar a sociedade sobre o valor dessas novas tecnologias. Na CBMM, estamos comprometidos a investir continuamente em pesquisa e desenvolvimento, colaborando com universidades e parceiros internacionais para expandir os horizontes do que é possível com o nióbio.

Obrigado pela oportunidade de compartilhar essas iniciativas.

## **Painelista 3: Luiz Carlos Guedes**

É uma grande satisfação fazer parte deste painel e ter a oportunidade de compartilhar a trajetória da Tupi e como estamos enfrentando os desafios da indústria moderna.

A TUPY nasceu há mais de 80 anos com a missão de desenvolver materiais inovadores para o mercado brasileiro, como o ferro maleável, em uma época de alta dependência de importações. Atualmente, somos uma multinacional com receita de R\$ 11 bilhões, exportando para mais de 40 países e empregando cerca de 20 mil colaboradores. Além disso, temos orgulho de ser uma das maiores recicladoras de metais no setor, com práticas que priorizam a sustentabilidade.

Nos últimos anos, a digitalização e a automação dos processos produtivos têm sido o foco principal de nossas estratégias. Implementamos o conceito de “Fundições 4.0”, utilizando sensores e tecnologias de IoT para monitorar em tempo real

todas as etapas de produção. Esse avanço nos permitiu reduzir desperdícios, aumentar a produtividade e garantir uma qualidade ainda maior dos nossos produtos.

Outro aspecto essencial do nosso trabalho é a parceria com universidades e institutos de pesquisa. Estamos continuamente desenvolvendo novas soluções para reaproveitamento de resíduos e melhoria da eficiência energética. Por exemplo, nossos projetos de reciclagem de materiais metálicos têm reduzido significativamente o consumo de recursos naturais e a emissão de gases poluentes.

Por fim, quero destacar a importância de formar uma força de trabalho qualificada. A Tupi investe em treinamentos e capacitações constantes, preparando nossos colaboradores para lidar com as demandas de um mercado em constante transformação. Acreditamos que o Brasil tem potencial para competir em nível global, e nosso compromisso é contribuir para tornar isso uma realidade.

Estou à disposição para responder a perguntas no final do painel.

### **Moderador:**

Muito obrigado pelas apresentações inspiradoras. Agora abriremos o espaço para perguntas.

## **Perguntas e Respostas**

### **Pergunta 1**

*Minha pergunta é para o Rafael. Você mencionou o uso do nióbio em baterias. Existe alguma perspectiva de ampliação dessa tecnologia para carros de passeio?*

#### **Rafael Mesquita**

*Sim, estamos explorando essa possibilidade. Embora as baterias de carregamento ultrarrápido sejam mais aplicáveis em veículos comerciais no momento, nossa pesquisa busca adaptar a tecnologia para carros de passeio. A ideia é viabilizar soluções que equilibrem custo e eficiência para o consumidor final.*

### **Pergunta 2**

*Luiz, você mencionou o impacto da digitalização na TUPY. Quais os principais desafios enfrentados no processo de implementação?*

#### **Luiz Carlos Guedes**

*A digitalização é um processo complexo que exige mudança de mentalidade, investimento em infraestrutura e formação de equipes. Um dos maiores desafios foi integrar as novas tecnologias às operações existentes sem comprometer a produtividade. Além disso, há a necessidade de treinamento constante para que os colaboradores se adaptem às novas ferramentas. Apesar disso, os resultados têm sido muito positivos, com ganhos significativos em eficiência e sustentabilidade.*

### **Pergunta 3**

*Jefferson, como a MEI está lidando com a formação de engenheiros para atender às demandas futuras da indústria?*

#### **Jefferson de Oliveira Gomes**

*A MEI tem trabalhado em diversas frentes para atualizar os currículos e formar engenheiros alinhados às demandas da indústria 4.0. Temos parcerias com instituições de ensino, promovendo cursos e treinamentos focados em competências digitais, sustentabilidade e inovação. Além disso, iniciativas como os Institutos SENAI de Inovação têm desempenhado um papel crucial na capacitação técnica e prática dos profissionais. Acreditamos que investir na formação contínua é essencial para manter a competitividade do setor industrial brasileiro.*

### **Pergunta 4**

*Gostaria de saber mais sobre o papel da economia circular nos projetos apresentados. Como cada painalista enxerga sua aplicação prática?*

#### **Jefferson de Oliveira Gomes**

*A economia circular é fundamental para nossos projetos na CNI. Por meio de iniciativas como os corredores sustentáveis, buscamos não apenas reutilizar materiais, mas também reduzir desperdícios em toda a cadeia produtiva. Este conceito é aplicado na prática ao integrar empresas de diferentes setores para criar soluções inovadoras que sejam economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis.*

#### **Rafael Mesquita**

*Na CBMM, a economia circular é parte essencial de nosso modelo de negócios. Reaproveitamos resíduos do processo de extração do nióbio para criar novos produtos, minimizando impactos ambientais. Além disso, investimos em tecnologias que aumentam a vida útil dos materiais, promovendo maior eficiência no uso dos recursos naturais.*

#### **Luiz Carlos Guedes**

*Na TUPY, a economia circular está presente em nossas práticas de reciclagem de materiais metálicos. Quase todo o metal utilizado em nossos processos vem de materiais reciclados, o que reduz significativamente o consumo de recursos naturais. Nosso objetivo é expandir essas práticas e envolver nossos parceiros nessa jornada sustentável.*

## Sessão 2 – A formação de Engenheiros e Engenheiras

### Palestra: A Formação de engenheiros e engenheiras: saber para fazer ou fazer para saber

Moderador: *Richard M. Stephan*

#### Palestrante: *Luiz Bevilacqua*

Quero iniciar minha fala compartilhando duas mensagens. A primeira é uma reflexão sobre a importância do ensino de engenharia no Brasil, e a segunda, uma homenagem ao professor Walter Arno Mannheimer, um grande engenheiro que nos deixou este ano. Ele foi uma figura marcante na engenharia brasileira, e tive a honra de trabalhar com ele no início da minha carreira, ele na área de metalurgia e eu no curso de engenharia civil.

Dito isso, vamos começar essa pequena apresentação sobre o panorama das áreas de engenharia no Brasil e os desafios no ensino de engenharia.

As engenharias no Brasil são impressionantes. Talvez sejamos campeões mundiais na variedade de especializações: engenharia civil, mecânica, ambiental, elétrica, entre tantas outras. Contudo, essa diversidade também traz desafios. Um dos pontos que quero destacar é a necessidade de centralizar a certificação profissional. Nosso país é grande demais para soluções únicas, e precisamos refletir sobre formas de lidar com nossas especificidades regionais.

Além disso, é crucial olharmos para o contexto global. Não somos uma ilha, e o mundo está cada vez mais interconectado. Uma tendência apontada por estudiosos há alguns anos é o surgimento de universidades multinacionais, instituições dos países desenvolvidos que se expandem para o sul global, influenciando tanto a educação quanto as políticas locais. Isso já é realidade em vários setores.

Outro exemplo de como o mundo está se organizando em torno de grandes temas é a iniciativa do governo americano em conjunto com a Universidade de Columbia: os 14 grandes desafios da engenharia para o mundo. Esses desafios são reais e visam resolver problemas que afetam toda a humanidade. E mesmo sendo uma iniciativa internacional, o Brasil, com sua potencialidade, precisa buscar formas de se inserir nesses grandes debates.

Vivemos também uma era de avanços tecnológicos extraordinários. A inteligência artificial, por exemplo, está transformando completamente o cenário tecnológico e educacional. Não se trata apenas de avanços computacionais, mas de uma mudança de paradigma, que redefine os objetivos e as metodologias.

Se olharmos para o Brasil, vemos que fizemos progressos consideráveis. Na década de 1950, quando me formei, não tínhamos professores em tempo integral nas universidades, exceto em raras exceções. Hoje somos o 11º ou 12º país em número de publicações científicas, um salto extraordinário para um país que há poucas décadas não tinha tradição em pesquisa acadêmica.

No entanto, esse avanço não está livre de críticas. Temos inventores brilhantes e inovações importantes, como o motor a álcool e o câmbio automático, mas, culturalmente, muitas vezes falhamos em valorizar e aproveitar nossas próprias criações. Precisamos superar essa tendência de subestimar nosso potencial.

Outro ponto que gostaria de destacar é a integração entre universidades e empresas. Algumas parcerias, como as da Petrobras com instituições acadêmicas, são excelentes exemplos, mas ainda há muito a ser feito. A colaboração mais estreita entre academia e indústria pode alavancar nossa capacidade de inovar.

Outro aspecto que considero fundamental é entender que o mundo está dividido em dois grandes contextos: o acessível e o reservado. No mundo acessível, temos tecnologias e soluções voltadas para os problemas imediatos da maioria dos países. No entanto, existe outro mundo, reservado, onde tecnologias extremamente específicas, como robôs para exploração espacial ou motores de proteína, não estão disponíveis para países em desenvolvimento.

Esse tipo de segmentação tecnológica afeta diretamente o Brasil. Somos um país com dimensões continentais e com enorme potencial, mas precisamos lutar para preservar nossos interesses. Não podemos nos contentar apenas com soluções importadas ou limitadas.

A informática é outro exemplo de como o mundo mudou. Saímos de uma era em que a capacidade computacional era definida por hardware cada vez mais rápido e robusto para um cenário onde a inteligência artificial domina. Isso exige uma mudança completa no foco de nossa formação e pesquisa.

No ensino superior, precisamos também olhar para o passado e aprender com ele. Na década de 1950, nossas universidades eram focadas em formar engenheiros de alto nível, mas sem pesquisa avançada. Nas décadas de 1960 e 1970, a pós-graduação começou a ganhar força, transformando o Brasil em um dos países que mais crescem em produção científica. Mas esse crescimento quantitativo precisa ser acompanhado de qualidade e impacto real.

### **Reflexões sobre Inovação e Cultura Nacional**

A cultura de inovação no Brasil tem histórias emblemáticas. Santos Dumont, por exemplo, foi um dos grandes pioneiros da aviação, mas precisou ir para a França devido à falta de apoio local. Outros exemplos incluem inventores que criaram tecnologias como a transmissão de rádio e o câmbio automático, mas que não foram adequadamente valorizados. Em muitos casos, a falta de visão ou de suporte fez com que essas inovações fossem exploradas por outros países.

Ao mesmo tempo, temos histórias inspiradoras, como a da Embraer e da WEG, que são exemplos de excelência brasileira reconhecida internacionalmente. Mas precisamos ampliar essas conquistas. A interação entre universidades e empresas deve ser fortalecida. Não há razão para que outras empresas não possam ter parcerias tão produtivas quanto as que a Petrobras estabeleceu.

Também temos desafios internos na forma como encaramos nossas próprias empresas. Casos como o fechamento de empresas inovadoras, como a Gurgel, mostram que ainda falta uma cultura de valorização do que é nacional. Precisamos entender que é possível punir desvios éticos sem destruir instituições.

Vivemos hoje uma verdadeira revolução cultural. O mundo está em constante transformação, e nossa forma de ensinar e aprender precisa se adaptar. A universidade tradicional, com sua organização rígida, está ultrapassada. Precisamos de flexibilidade, criatividade e coragem para enfrentar mudanças.

A interdisciplinaridade, por exemplo, não deve ser um objetivo artificial, mas uma consequência natural do avanço do conhecimento. Outra mudança necessária é repensar o foco nas publicações acadêmicas. O valor de um pesquisador não está no número de artigos publicados, mas na relevância de suas contribuições. Precisamos estimular uma cultura onde o impacto é mais importante que a quantidade.

Além disso, a estrutura curricular das universidades precisa ser reformulada. Hoje os alunos estão presos a grades curriculares rígidas que limitam sua criatividade e capacidade de explorar áreas de interesse. Proponho um sistema mais flexível, onde o estudante possa personalizar parte de sua formação, como é feito na UFABC e em algumas universidades estrangeiras.

A formação não deve ser apenas relacionada a cumprir disciplinas. Deve ter a ver com desenvolver competências e preparar o estudante para um mundo em constante mudança.

### **Mudança de Paradigma no Ensino Superior**

Além da flexibilidade curricular, é crucial reduzir a carga de horas de aula e permitir que os estudantes tenham tempo para refletir, explorar e experimentar. A universidade não deve ser um lugar apenas para transmitir conhecimento, mas para fomentar a independência intelectual e a capacidade de questionar e criar.

Outro ponto que destaco é a importância de integrar profissionais do mercado no ensino universitário. A exclusão desses especialistas, que muitas vezes possuem experiência prática valiosa, foi um erro das refor-



*Luiz Bevilacqua falou sobre a formação do engenheiro*

mas acadêmicas passadas. Precisamos trazer esses profissionais de volta às salas de aula para enriquecer a formação dos estudantes com uma perspectiva prática.

Por fim, é fundamental que a universidade não seja apenas um lugar onde se ensina, mas onde se aprende. A prioridade deve ser o aprendizado do estudante, e não apenas o ensino pelo professor. Essa mudança de perspectiva é essencial para acompanhar as transformações educacionais que estão acontecendo em todo o mundo.

### **Desafios e Reflexões para o Futuro**

Vivemos um momento em que o conhecimento está cada vez mais segmentado e desintegrado, enquanto o mundo exige soluções que cruzem barreiras disciplinares. Precisamos romper com estruturas antiquadas, como a divisão rígida em departamentos, e adotar modelos mais dinâmicos e interconectados. A UFABC é um exemplo disso, pois foi criada sem departamentos e com um currículo mais flexível, que permite maior liberdade de escolha para os estudantes.

Outro desafio é a relação entre universidades e escolas técnicas. Precisamos valorizar essas instituições e reconhecer que elas têm um papel complementar ao das universidades, em vez de tratá-las como inferiores. Essa integração é essencial para criar um sistema educacional mais coeso e eficiente.

Também defendo que a universidade adote um modelo de bacharelado inicial, seguido por especializações mais curtas e focadas. Isso permitiria aos estudantes uma formação básica ampla e a possibilidade de escolha conforme suas aspirações e demandas do mercado.

Além disso, a pesquisa científica deve ser financiada principalmente pelo governo, como acontece nos países mais avançados. A indústria não investe em pesquisa de alto risco, o que torna indispensável o papel do setor público para impulsionar o avanço do conhecimento.

### **O Papel da Universidade na Sociedade**

A universidade não deve se limitar a atender demandas imediatas, mas também assumir riscos e explorar o desconhecido. Ela é a única instituição capaz de pensar no futuro de forma estruturada. Se a universidade renunciar a esse papel, corremos o risco de ficar tão dependentes no campo educacional quanto fomos no passado no campo industrial.

Ao mesmo tempo, a universidade deve transbordar seu conhecimento para a sociedade. Não estamos formando profissionais para um ponto final, mas para uma trajetória contínua de aprendizado e evolução.

Quero encerrar dizendo que acredito profundamente no potencial do Brasil. Temos estudantes e profissionais extraordinários, com capacidade para competir globalmente. O que precisamos é de coragem para inovar, persistência para enfrentar desafios e uma visão clara para construir o futuro.

## Homenagem

### **Edson Watanabe**

Boa tarde! Antes de tudo, quero me apresentar. Sou Edson Watanabe, ex-orientado de iniciação científica do professor Bevilacqua, lá em 1973. Hoje tenho a honra de entregar uma placa da Academia Nacional de Engenharia ao professor Luiz Bevilacqua, em reconhecimento às suas valiosas contribuições para a engenharia brasileira e ao ensino. Sua dedicação e liderança são exemplos para todos nós.



Luiz Bevilacqua recebeu de Edson Watanabe a placa de homenagem da ANE

### **Richard M. Stephan (Moderador)**

Muito obrigado, Watanabe. Bevilacqua, ainda temos tempo para algumas perguntas.

## Perguntas e Respostas

### **Pergunta 1**

*Professor, como a universidade pode contribuir para avaliar o impacto de novas tecnologias, como a inteligência artificial, na sociedade?*

### **Luiz Bevilacqua**

*A universidade precisa estar presente nesses debates, mas não pode atuar isoladamente. É essencial cooperar com outros setores da sociedade, como o governo e a indústria, para entender o impacto completo dessas tecnologias. A inteligência artificial, por exemplo, afeta não apenas a economia, mas também questões éticas e sociais. A universidade deve ser um espaço de reflexão e diálogo sobre esses temas.*

## Pergunta 2

*Professor, como o senhor vê a queda no número de inscritos nos vestibulares de engenharia, como ocorreu na USP, que passou de 14 mil em 2014 para 5 mil em 2024?*

### **Luiz Bevilacqua**

*Esse é um fenômeno preocupante, mas não exclusivo da USP. Uma das razões pode ser a falta de atratividade dos cursos de engenharia, que muitas vezes não correspondem às expectativas dos estudantes. Precisamos reformular o currículo, torná-lo mais flexível e conectado às demandas do mercado e às aspirações dos jovens. Além disso, a questão salarial também influencia, mas acredito que o principal desafio está em oferecer uma formação mais alinhada com o mundo atual.*

### **Moderador:**

Obrigado a todos pelas perguntas e reflexões. Infelizmente, devido ao tempo, precisamos encerrar esta sessão. Agradecemos ao professor Bevilacqua e a todos os presentes por este momento enriquecedor.

## Sessão 3 – Transformação Digital e Inteligência Artificial

### Palestra 3.1: Transformação Digital no Campo: Uma Abordagem Inclusiva

#### **Moderador: Marcelo Gattass**

Vamos dar início à Sessão sobre Transformação Digital. Gostaria de convidar o Dr. Alberto Paradisi, Diretor de Estratégia e Mentoria de Negócios do CPqD, para realizar a apresentação. O Dr. Paradisi possui uma vasta experiência em pesquisa e desenvolvimento, gestão em engenharia elétrica, inovação tecnológica, telecomunicações, internet das coisas, blockchain e inteligência artificial. Ele também atuou como pesquisador em redes de dados, sistemas ópticos e tecnologias de transmissão. Formado em Engenharia Eletrônica pela Universidade de Gênova, com doutorado pelo Politécnico de Torino e MBA pela Fundação Getúlio Vargas, é uma honra recebê-lo hoje.



*Marcelo Gattass abriu os trabalhos sobre Transformação Digital*

## Palestrante: *Alberto Paradisi*

Primeiramente, quero agradecer o convite gentil do professor Boisson e à organização deste evento. É um privilégio estar aqui.

Nos últimos 30 anos, as tecnologias digitais tornaram-se sinônimo de inovação. Este ano marca o 30º aniversário da popularização da internet, que passou a integrar nosso cotidiano. Hoje sete das oito empresas mais valiosas do mundo têm raízes digitais. Enquanto avançamos com tecnologias como 5G e IA generativa, é importante olhar para trás e reconhecer quantas pessoas foram deixadas de fora desse processo de transformação.

No Brasil, por exemplo, vemos exclusão digital na saúde, na educação e, especialmente, no campo. O projeto que apresento hoje busca promover uma transformação inclusiva, com foco na agricultura brasileira, alavancando os pequenos e médios produtores por meio de tecnologias digitais.

A agricultura no Brasil reflete nossa sociedade. Segundo o censo agropecuário, 0,5% dos produtores são responsáveis por 50% da receita do setor. Isso significa que poucas dezenas de milhares de produtores têm grandes recursos, enquanto milhões de pequenos produtores lutam para sobreviver.

Com base nessa realidade, nasceu o projeto *SemeAr*, que busca impacto econômico e sustentabilidade social e ambiental para pequenos produtores. Este esforço colaborativo une instituições como o CPOD, Embrapa, *startups*, produtores e entidades locais.

O *SemeAr* é uma iniciativa que abrange diversos projetos, com uma nobre aspiração: gerar impacto econômico para pequenos e médios produtores por meio de tecnologia digital em escala nacional. A ideia é começar pequeno e expandir. Queremos demonstrar que o impacto econômico nos produtores justifica o investimento em tecnologias digitais atualmente ausentes no campo, incluindo a infraestrutura de conectividade.

A complexidade dos problemas exige colaboração. Trabalhamos em parceria com a Embrapa, escolhendo dois laboratórios de campo: São Miguel Arcanjo, especializado em hortifruticultura, e Caconde, focado na



*Alberto Paradisi* apresentou o projeto *SemeAr*

produção de café. Ambos os municípios foram equipados com infraestrutura básica de conectividade e tecnologia IoT, como redes LTE, wi-fi e LoRa, permitindo uma comunicação mais eficiente e acessível aos produtores locais.

São Miguel Arcanjo é um município paulista com cerca de 30 mil habitantes. Escolhemos uma área com 300 produtores para a implementação inicial, priorizando a conectividade e as plataformas IoT. Este projeto envolve a colaboração de provedores locais, startups e organizações como a Secretaria de Agricultura e sindicatos.

### **Desafios e Soluções Propostas**

Os principais desafios dos pequenos produtores incluem:

1. Comercialização: Os pequenos produtores dependem de intermediários que controlam os preços e ficam com a maior parte do lucro;
2. Manejo Agronômico: Falta de treinamento, assistência técnica e ferramentas para gestão de pragas e solo;
3. Gestão da Propriedade: Dificuldade em acessar crédito rural e implementar rastreabilidade.

Para abordar essas questões, mobilizamos *startups* que ofereceram soluções específicas, como treinamento técnico, redes de especialistas e marketplaces digitais. Uma delas conectou produtores diretamente ao varejo, eliminando intermediários e permitindo negociação de preços com garantias de pagamento e logística para entrega das mercadorias aos clientes.

A conectividade foi outro pilar fundamental. Muitas áreas rurais carecem de acesso à internet, o que limita não apenas os negócios, mas também oportunidades educacionais para as famílias dos produtores. Com a implementação de redes e ferramentas digitais, os produtores viram melhorias significativas, como redução de custos, aumento de receitas e maior acesso a mercados.

O projeto trouxe resultados significativos já na fase inicial. Implementamos infraestrutura de conectividade em uma área delimitada de São Miguel Arcanjo, envolvendo os 300 produtores. Esses produtores passaram a contar com conectividade LTE, wi-fi e LoRa, além de acesso a plataformas IoT para monitoramento de dados e suporte na tomada de decisões.

### **Entre as melhorias observadas, destacam-se:**

- Redução de custos: Menores despesas operacionais devido a melhores práticas agrícolas e acesso mais eficiente a insumos;
- Aumento de receitas: Produtores que antes dependiam de intermediários agora conseguem negociar diretamente com varejistas, ampliando sua margem de lucro;
- Engajamento dos produtores: Engajar pequenos produtores foi um desafio inicial. Por isso, trouxemos parceiros conhecidos, como a Embrapa, sindicatos e *startups*. Isso ajudou a criar confiança e incentivou a adesão.

Um exemplo foi a introdução de uma *startup* especializada em marketplaces digitais, conectando os produtores ao varejo (como redes de supermercados), o que eliminou intermediários e garantiu pagamentos justos e diretos. Essa solução também facilitou o transporte dos produtos para os pontos de venda e ampliou o alcance do mercado.

Outra iniciativa importante foi o treinamento e a capacitação dos produtores para melhor apresentarem e comercializarem seus produtos. Pequenos detalhes, como a forma de embalar e rastrear digitalmente os itens, fizeram uma grande diferença no valor percebido pelos compradores.

Além disso, 26 produtores começaram a acessar o mercado digital e, em um ano, conseguimos mobilizar 14 parceiros no ecossistema local. O impacto na conectividade e nas receitas foi evidente:

- 28% de aumento médio nas receitas: Graças a negociações mais qualificadas e redução de perdas;
- 24% de redução nos custos médios: Por meio de práticas agrícolas otimizadas e acesso a melhores recursos;
- Melhorias qualitativas: 60% dos produtores relataram melhoria na qualidade dos produtos, o que contribuiu para preços de venda mais elevados.

### **Próximos Passos**

Agora, estamos entrando em uma fase de replicação. Nosso objetivo é validar o modelo em uma escala maior, abrangendo diferentes regiões e culturas agrícolas. Já expandimos para oito novas localidades, além de continuar os investimentos em São Miguel Arcanjo e Caconde.

A validação do modelo econômico é crucial. Precisamos garantir que o retorno financeiro justifique o investimento em infraestrutura e tecnologia, tornando o projeto sustentável. Para isso, contamos com o apoio de instituições como a FAPESP e novas parcerias com universidades, como a Escola Superior Luiz de Queiroz, o Inatel, a Universidade de Lavras, além de centros de pesquisa como o IAC e o IEA (Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo).

Estamos trabalhando para disseminar os resultados e fomentar ecossistemas locais que possam sustentar essas iniciativas a longo prazo. Isso inclui o envolvimento de *startups*, cooperativas, sindicatos e secretarias locais.

Finalizo aqui minha apresentação agradecendo a todos pela atenção e pelo interesse. Convido vocês a participar dessa jornada que une engenharia, inovação e impacto social. Muito obrigado!

### **Moderador:**

Muito obrigado, Dr. Paradisi, por essa apresentação inspiradora. Agora abriremos o espaço para perguntas antes de passar para a próxima palestra.

## Perguntas e Respostas

### Pergunta 1

*Dr. Paradisi, obrigado pela palestra. Você mencionou a dificuldade de engajar pequenos produtores. Como exatamente vocês os convenceram a participar, considerando a resistência inicial?*

#### **Alberto Paradisi**

*Realmente, engajar pequenos produtores é desafiador, especialmente quando trabalhamos com organizações, como o CPOD, que não são tradicionalmente conhecidas no setor agrícola. Por isso, trouxemos parceiros com credibilidade, como a Embrapa, e mobilizamos entidades locais, como sindicatos e secretarias de agricultura, que já tinham um relacionamento pré-estabelecido com os produtores. Também foi importante ouvir suas necessidades antes de propor soluções. Essa abordagem colaborativa foi essencial para conquistar sua confiança.*

### Pergunta 2

*Vocês enfrentaram dificuldades para implementar a conectividade nas áreas rurais?*

#### **Alberto Paradisi**

*Sim, a conectividade nas áreas rurais é um grande obstáculo. Muitos produtores não têm acesso à internet em suas propriedades, apenas nas sedes dos municípios. Para resolver isso, instalamos redes LTE e LoRa, aproveitando provedores locais como o SMANet, que se dispuseram a colaborar. Também utilizamos tecnologias acessíveis e de baixo custo, como wi-fi mais eficiente e dispositivos IoT, para atender às necessidades específicas dos produtores.*

### Pergunta 3

*Você mencionou o aumento de receita e a redução de custos. Há planos para expandir esse impacto para outros municípios?*

#### **Alberto Paradisi**

*Sim, essa é a próxima etapa do projeto. Estamos ampliando para sete novas localidades, cada uma com características agrícolas distintas. Queremos validar o modelo em diferentes contextos, tanto do ponto de vista tecnológico quanto econômico. A ideia é criar um impacto escalável, mostrando que o modelo funciona em diferentes culturas e regiões.*

#### **Moderador:**

Muito obrigado pelas perguntas. Agora vamos passar para a próxima palestra, e ao final teremos uma sessão de perguntas para os dois palestrantes em conjunto.

## Palestra 3.2: Redes 6G: a próxima revolução

### Moderador: *José Roberto Boisson de Marca*

Vamos dar início ao segundo painel desta tarde, com um tema de grande relevância: as redes de telecomunicações de sexta geração, ou 6G. Nosso palestrante é o professor José Marcos Brito, do Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL), e um dos principais nomes no desenvolvimento e pesquisa de tecnologias de telecomunicação no Brasil. Ele também coordena o projeto Brasil 6G e tem ampla experiência em iniciativas que integram academia, indústria e sociedade.

Antes de passar a palavra, farei um breve resumo do currículo do Prof. Brito. Ele é diretor de pós-graduação e pesquisa no INATEL, onde também coordena cursos de mestrado e doutorado em telecomunicações. Desde 2021, é coordenador-geral do projeto Brasil 6G, que visa criar soluções tecnológicas para futuras redes de comunicações. Recentemente, foi nomeado vice-diretor do Centro de Ciência para Desenvolvimento em Agricultura Digital, um projeto de R\$ 25 milhões financiado pela FAPESP.

Hoje ele nos trará uma visão do que esperar das redes 6G, um campo que o Brasil está explorando em sintonia com o restante do mundo.



*Acadêmico Boisson moderou a palestra sobre Redes 6G*

### Palestrante: *José Marcos Brito*

Vou tentar apresentar uma visão das redes 6G, baseada em pesquisas realizadas tanto no Brasil quanto no exterior.

Minha agenda inclui:

1. Uma breve introdução sobre o INATEL.
2. O conceito do 6G, algumas projeções futurísticas e casos de uso relevantes para o Brasil.
3. As tecnologias habilitadoras e as pesquisas em andamento no INATEL.
4. Minhas conclusões sobre o tema.

Primeiro, o que é o INATEL? Somos um instituto de ensino, pesquisa e engenharia com 59 anos de história. Atualmente, oferecemos sete cursos de engenharia, além de mestrado e doutorado em telecomunicações.

Durante o dia de hoje, falamos muito sobre inovação e a proximidade entre universidade e indústria. Isso está no DNA do INATEL. Nossa sede está localizada em Santa Rita do Sapucaí, uma cidade de 40 mil

habitantes no sul de Minas Gerais, conhecida como o Vale da Eletrônica. Hoje temos cerca de 150 empresas de base tecnológica na cidade, muitas fundadas por ex-alunos do INATEL.

Além disso, contamos com aproximadamente 80 professores e 750 pesquisadores, desenvolvendo soluções de hardware e software para os mercados nacional e internacional. Embora sejamos uma instituição de ensino, nosso foco na inovação nos posiciona como um dos pioneiros em pesquisas sobre 5G e 6G no Brasil.

Por que falar de 6G agora, se o 5G ainda nem foi plenamente implantado? Se analisarmos a evolução histórica das gerações de telecomunicações móveis, percebemos que uma nova geração surge a cada 10 anos, aproximadamente.

- 1G em 1980
- 2G em 1990
- 3G em 2000
- 4G em 2010
- 5G em 2020

Seguindo essa tendência, espera-se que o 6G esteja comercialmente disponível por volta de 2030. No entanto, as pesquisas começam cerca de 10 anos antes de a tecnologia ser implementada. Assim, para o Brasil participar ativamente na definição do 6G, precisamos investir em pesquisas agora.

Nosso projeto, Brasil 6G, começou em 2021, sincronizado com iniciativas internacionais. Isso nos dá a oportunidade de contribuir para a construção das redes móveis de sexta geração.



*José Marcos Brito apresentou o projeto Brasil 6G*

Mas o que será o 6G? Se eu pudesse resumir em uma palavra, essa palavra seria UBIQUIDADE. Precisamos de redes disponíveis para todos, em qualquer lugar e a qualquer momento.

Hoje ainda enfrentamos barreiras significativas. Viajar de Santa Rita do Sapucaí para São Paulo, por exemplo, significa lidar com longos trechos de rodovia sem cobertura de rede. Isso afeta não apenas a conectividade pessoal, mas também a viabilidade de aplicações avançadas, como veículos autônomos e internet das coisas.

O 6G visa superar essas limitações, oferecendo conectividade ubíqua, econômica e acessível para todos, reduzindo barreiras sociais e digitais.

Uma frase atribuída a Nikola Tesla, de 1925, captura bem a visão do 6G: “Um momento virá quando o mundo inteiro estará conectado, todas as coisas estarão interligadas, e a comunicação será instantânea, independentemente da distância.”

Isso reflete a expectativa de integrar três mundos no 6G: físico, digital e biológico. Diferentemente das gerações anteriores, o 6G será definido não apenas por avanços tecnológicos, mas por uma abordagem centrada no ser humano, focando em sustentabilidade, segurança e qualidade de vida.

### **Casos de Uso e Aplicações**

Um caso de uso que ilustra bem o potencial do 6G é o conceito de Gêmeo Digital (*Digital Twins*) em sua plenitude. Imagine uma réplica exata do mundo físico no ambiente digital.

Por exemplo, se um pássaro pousa na minha janela no mundo real, essa ação será reproduzida no mundo digital. Isso permite aplicações que vão desde simulações industriais até interações pessoais, como alertar um amante de jazz sobre uma performance a poucos quarteirões de distância.

Aplicações relevantes incluem:

- Agricultura digital: Monitoramento biológico intensivo, informatização completa dos campos, aumento da produtividade por quilômetro quadrado e melhoria na logística de escoamento da produção.
- Segurança: Identificação automática de ameaças e comportamentos de risco, permitindo alertas em tempo real para desviar dessas situações de risco
- Saúde: Cirurgias remotas e robôs colaborativos usando comunicação háptica.
- Testes industriais de novas ideias, plantas ou projetos de tráfego.
- Aplicações voltadas para a experiência pessoal, como a seguinte: Se estou caminhando em Copacabana e, a dois quarteirões, há um músico tocando jazz, a rede pode me notificar, sabendo que sou amante de jazz, para que eu vá até lá.

Além disso, o 6G permitirá derrubar barreiras digitais ao integrar educação, entretenimento e digitalização em áreas isoladas. Este é um passo importante, especialmente para o Brasil, onde grandes populações ainda carecem de conectividade de qualidade.

Esses cenários são promissores, mas também levantam desafios técnicos e econômicos que precisam ser superados para garantir a viabilidade dessas aplicações em larga escala.

Existem diversas tecnologias que estão sendo consideradas como habilitadoras para o 6G. Quero destacar algumas que são fundamentais para atender aos requisitos rigorosos dessa nova geração.

#### 1. Comunicações em Terahertz

Estamos falando de frequências na faixa de 100 GHz a 200 GHz. Embora essas frequências proporcionem taxas de transmissão muito altas, a distância alcançada é menor. Ainda assim, essa tecnologia é essencial para atender aos requisitos de alta velocidade de dados do 6G.

#### 2. Inteligência Artificial Massiva

A inteligência artificial será usada em todas as camadas da rede, desde a camada física até a camada de aplicação. Ela ajudará na otimização de parâmetros, permitindo maior eficiência e melhor desempenho da rede.

#### 3. Materiais Inteligentes

Os materiais inteligentes permitirão a criação de superfícies eletromagnéticas reconfiguráveis, que aumentarão o alcance e a capacidade da rede. Esses materiais também serão aplicados em elementos como janelas e mesas, que poderão projetar e interagir com imagens holográficas.

#### 4. Redes em Três Dimensões

Diferentemente das redes atuais, que são bidimensionais, o 6G adotará uma abordagem tridimensional, incorporando: satélites de baixa e alta órbita; drones, e estações radio-base em camadas aéreas e espaciais.

#### 5. Comunicações em Luz Visível

Embora seja uma tecnologia mais voltada para ambientes internos, as comunicações baseadas em luz visível prometem taxas extremamente elevadas e podem complementar outras tecnologias de transmissão.

#### 6. Tecnologias de Sensoriamento e Posicionamento

O 6G demandará tecnologias de sensoriamento extremamente precisas e de posicionamento com margem de erro de até 1 centímetro em ambientes internos e 1 metro em ambientes externos.

Outras tecnologias habilitadoras incluem:

- Comunicação full-duplex.
- Comunicação de Dispositivo para Dispositivo (D2D).
- Uso de NOMA (*Non-Orthogonal Multiple Access*).

Essas tecnologias já foram discutidas no contexto do 5G, mas muitas delas não se concretizaram. Agora voltam ao debate como tendências importantes para o 6G, com a possibilidade de finalmente serem implementadas.

### **Pesquisas Realizadas no INATEL**

No INATEL, temos conduzido diversas pesquisas relacionadas ao 5G e 6G, com foco em tecnologias emergentes e na definição de padrões para essas redes futuras.

#### **1. Projeto Brasil 6G**

O projeto Brasil 6G é uma parceria com a RNP (Rede Nacional de Ensino e Pesquisa) e o MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação).

- O INATEL lidera o projeto, sendo a instituição com a maior participação de pesquisadores.
- Estamos atualmente na Fase 3, desenvolvendo tecnologias e influenciando o processo de padronização do 6G. Áreas de foco incluem:
- Arquitetura de redes;
- Inteligência artificial aplicada;
- Comunicação óptica e RF;
- Posicionamento e mapeamento;
- Casos de uso e teorias de comunicação.

Criamos uma plataforma de experimentação que é acessada por todas as instituições parceiras no Brasil, permitindo a validação de tecnologias em um ambiente colaborativo.

#### **2. Projeto XD Mobile**

O XD Mobile é o Centro de Competência do INATEL em redes 5G e 6G, criado por meio de um edital da EMBRAPPII. Esse centro é estruturado em cinco eixos:

- a. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PDI): desenvolvimento de soluções tecnológicas para redes avançadas;
- b. Formação de Recursos Humanos: desde iniciação científica até doutorado e pós-doutorado;
- c. Fomento a *Startups*: transferência de tecnologias desenvolvidas para empresas emergentes;
- d. Infraestrutura: expansão das capacidades laboratoriais do INATEL;
- e. Associação Tecnológica (AT): colaboração com empresas para resolver problemas e criar novas oportunidades.

As verticais de atuação incluem agronegócios, indústrias, saúde, cidades inteligentes, logística e educação.

Esses projetos representam uma oportunidade única para o Brasil se posicionar como um ator relevante no cenário global de redes 6G. Pela primeira vez, estamos participando em sintonia com o restante do mundo, o que pode garantir ao país um papel importante no processo de definição dessa nova geração de telecomunicações.

### **Conclusões**

O 6G será uma rede revolucionária, muito além dos aspectos técnicos de comunicação. Sua definição está centrada no ser humano, com foco em criar uma sociedade mais justa, transparente, sustentável e segura.

Essa nova geração possibilitará uma infinidade de novas aplicações e oportunidades, que incluem:

- A integração do mundo físico, digital e biológico;
- Soluções que conectem áreas remotas e reduzam as barreiras digitais;
- Avanços tecnológicos em sensoriamento, inteligência artificial e comunicação em alta frequência.

É uma oportunidade histórica para o Brasil se posicionar como protagonista na definição de padrões globais, especialmente devido à participação alinhada com iniciativas internacionais. O INATEL vem liderando essas pesquisas no país, por meio de projetos como Brasil 6G e XD Mobile.

Por fim, se pudesse resumir a visão do 6G em uma palavra, seria **ubiquidade**: uma rede que conecte todos, em todos os lugares e a qualquer momento.

### **Moderador:**

Obrigado, professor Brito, pela excelente apresentação e pelo respeito ao tempo. Agora, abrimos para perguntas.

## **Perguntas e Respostas**

### **Pergunta 1**

*Professor Brito, achei a apresentação incrível. Minha pergunta é sobre segurança cibernética. Com o aumento da conectividade e tudo sensoriado, como será abordada a questão da segurança? Isso não trará um sobrecusto ou impacto na latência?*

### **José Marcos Brito**

*Segurança cibernética é um aspecto extremamente relevante e fica ainda mais complexo no 6G. Quanto maior a conectividade e o número de dispositivos dispondo de sensores, maior será a superfície de exposição para possíveis ataques.*

No INATEL, temos um grupo dedicado a pesquisas em segurança cibernética, que trabalha em parceria com os projetos Brasil 6G e XD Mobile. A complexidade da segurança cresce não só por causa da rede, mas pelas novas aplicações que surgem, como veículos autônomos. Por exemplo, com carros autônomos, até a profissão de assassino de aluguel poderia se tornar digital, com hackers controlando veículos remotamente para causar acidentes.

Portanto, a segurança é um desafio crítico, mas estamos desenvolvendo soluções robustas para mitigar essas vulnerabilidades.

## **Pergunta 2**

*Professor, o Brasil tem uma grande dependência de hardware importado. Como o senhor enxerga essa questão no contexto do 6G?*

### **José Marcos Brito**

*Essa é outra questão crucial. A desindustrialização afetou fortemente a nossa capacidade de produzir hardware nacionalmente. Para resolver isso, precisamos de políticas públicas que incentivem a indústria a investir em semicondutores e outros componentes essenciais. No INATEL, desenvolvemos tecnologias como o LTE In-a-Box e 5G In-a-Box, mas, como elas não seguem os padrões globais do 3GPP, acabam sendo aplicadas apenas em nichos, como ferrovias e mineradoras. Nosso grande desafio é influenciar os padrões internacionais para garantir que tecnologias relevantes para o Brasil sejam incorporadas, permitindo que elas sejam viáveis economicamente.*

## **Pergunta 3**

*Na sua opinião, quais são os maiores obstáculos para a adoção de carros autônomos?*

### **José Marcos Brito**

*São dois principais:*

- *Questões legais: quem é o responsável em caso de acidente?*
- *Segurança cibernética: a possibilidade de hackearem os carros ou até mesmo os sinais das estradas.*

*Esses fatores têm impedido o avanço dessa tecnologia, apesar do grande potencial que ela oferece.*

## Painel: Desafios para a Engenharia nos tempos de IA

### Moderador: *Edmundo A. de Souza e Silva*

O tema do nosso painel é: quais são os desafios de engenharia nos tempos de inteligência artificial?

Temos três palestrantes convidados que abordarão diferentes perspectivas:

- Júlio Alberto Dias, da PSR
- Maria Cristina Domingues, do IPT de São Paulo
- Giuliano Mendonça, da Embraer

Eu serei o coordenador deste painel e, inicialmente, farei uma breve apresentação dos três painelistas para contextualizar as discussões.

Gostaria de enfatizar que este seminário tem como objetivo gerar um conjunto de recomendações, ideias e discussões produtivas. Então, quanto mais perguntas tivermos, melhor será o resultado.

O Júlio Alberto Dias é formado em Engenharia Elétrica pela UFRJ, possui mestrado e doutorado pela COPPE e trabalha na PSR desde 2011. Ele atua no desenvolvimento de software e modelos computacionais aplicados a sistemas de energia, integrando equipes de desenvolvimento, especialmente em áreas como modelagem, recursos renováveis, riscos climáticos e séries temporais.

A Maria Cristina Machado Domingues é mestre em Engenharia de Computação e diretora técnica da Unidade de Negócios e Tecnologias do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Ela também é diretora-presidente da Fundação de Apoio do IPT (FIPT) e coordenadora do Centro de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial para a Indústria 4.0, conhecido como Plataforma Iasmin. É ainda vice-presidente do ITS (*Intelligent Transport Systems*) Brasil. Tem vasta experiência em P&D, inovação aberta, gestão complexa e inteligência artificial, com aplicações em IoT e transporte inteligente.

Por fim, o Giuliano Mendonça é líder de Inovação; Ciência de Dados e Inteligência Artificial da Embraer. Ele é formado em Engenharia Mecatrônica, possui mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação e tem 25 anos de experiência em engenharia, manufatura digital e desenvolvimento de software. Ele lidera iniciativas que conectam ciência de dados e inteligência artificial a processos inovadores dentro da Embraer.

Então, em três minutos, vou ver se consigo falar um pouquinho sobre inteligência artificial e acrescentar algumas observações baseadas na palestra do Bevilacqua.



*Edmundo Silva moderador do painel sobre Desafios para a Engenharia nos tempos de IA*

Desde 2023, estamos vivendo uma nova era tecnológica, impulsionada por áreas como computação, comunicação de dados e inteligência artificial. Essas inovações têm aplicações em diversos setores e podem beneficiar toda a sociedade.

Aliás, o Prêmio Nobel de Economia reconheceu o impacto da inteligência artificial no desenvolvimento econômico. Recentemente, o Prêmio Nobel de Física também premiou cientistas que trabalham com IA, computação e química.

Mas afinal, o que é inteligência artificial? Muitas vezes, percebemos que o conceito não é claro para muitos. IA é um conjunto de modelos de aprendizado de máquina, métodos que detectam padrões automaticamente. Segundo Tom Mitchell, IA é a capacidade de realizar tarefas melhorando com a experiência. Arthur Samuel, em 1959, já descrevia a IA como o processo de computadores aprenderem com dados, melhorando seu desempenho ao longo do tempo sem programação explícita.

Outro termo que ouvimos muito é “IA generativa”, que se refere a modelos que criam novas amostras de dados baseadas no que foram treinados. Isso inclui textos, músicas e imagens. Os *Large Language Models* (LLMs), como ChatGPT, Gemini e Llama 2, são especializados em linguagem. Eles geram textos semelhantes aos humanos, prevendo palavras com base em probabilidades dentro de um contexto.

O impacto econômico também é notável. O governo dos Estados Unidos tem investido bilhões de dólares em P&D em inteligência artificial, com um crescimento de 13% em relação ao ano anterior. O setor privado também está avançando rapidamente. Isso reforça a necessidade urgente de qualificar a força de trabalho, pois o número de empregos em ciência da computação e IA está crescendo exponencialmente.

A mensagem que quero deixar é que precisamos investir nas pessoas. Universidades devem formar profissionais capazes de atuar tanto no desenvolvimento quanto na aplicação de IA.

Agora passarei a palavra para o Júlio Alberto. Júlio, por favor.

### **Painelista 1: Júlio Alberto Dias**

Agradeço a oportunidade de estar aqui falando sobre inteligência artificial, um tema que estudo desde os meus tempos de COPPE.

Naquela época, a IA nem era *mainstream*, e o objetivo dos projetos era muito mais modesto. Por exemplo, trabalhávamos na previsão de carga de uma subestação específica da Coelba. Hoje os desafios são muito maiores, com modelos gigantescos voltados para linguagem, vídeo, clima e até a busca por uma inteligência artificial geral (AGI).

Atualmente, sou responsável pela área de modelagem computacional na PSR, onde atuo em duas grandes frentes:

1. Modelagem Computacional: Nossa equipe desenvolve modelos de prateleira para planejamento da operação e expansão no setor elétrico. Esses modelos abrangem questões analíticas, desde a avaliação de im-

pacto ambiental até projeções de preços e planejamento energético.

2. Consultoria: Aplicamos essas modelagens para resolver problemas específicos no setor elétrico. Além disso, a área de consultoria funciona como cliente interno da área de modelos, validando e refinando as soluções antes de aplicá-las diretamente aos nossos clientes externos.

A PSR tem uma atuação global, desenvolvendo soluções para diferentes mercados, desde o mercado mexicano até o sistema de despacho da Islândia. Isso exige uma capacidade de adaptação significativa.

Quanto à inteligência artificial, nossa empresa tem duas formas principais de interação:

- PSR como usuária de IA: Utilizamos ferramentas como copilotos de programação e soluções multimodais para criar materiais de treinamento, como vídeos explicativos em diferentes idiomas;
- PSR como desenvolvedora de IA: Desenvolvemos soluções específicas baseadas em IA para nossos clientes, agregando valor ao processo de tomada de decisão.

Gostaria de destacar um terceiro ponto: a inteligência artificial como cliente do setor elétrico. O crescimento exponencial no uso de IA tem gerado uma demanda significativa por energia. Por exemplo, o treinamento do GPT-3 exigiu 1.3 megawatt, enquanto o GPT-4 já consome 62 megawatts – um aumento de 48 vezes. Isso demonstra a necessidade de expandir a capacidade de geração e transmissão de energia, utilizando fontes renováveis para mitigar impactos ambientais.

Na PSR, trabalhamos para integrar IA às nossas ferramentas e também para planejar a infraestrutura energética necessária para permitir o seu avanço. Nosso compromisso é fornecer soluções que mitiguem os impactos ambientais, promovendo eficiência energética e utilização de fontes renováveis.

Espero que eu tenha sido claro e estou à disposição para perguntas. Passo agora a palavra à Maria Cristina para sua apresentação.

## **Painelista 2: *Maria Cristina Domingues***

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) completou 125 anos este ano. Ele sempre se reinventa e, atualmente, está estruturado em oito unidades de negócios, sendo uma delas a Unidade de Tecnologias Digitais.

Há cerca de 10 anos, o IPT iniciou uma transformação com projetos de bionanotecnologia e, agora, estamos focados em inteligência artificial, novos materiais e energias renováveis. Hoje vou apresentar o Centro de Pesquisa Aplicada em IA - Plataforma Iasmin, um projeto do MCTI junto à FAPESP para evoluir a indústria brasileira para o padrão Indústria 4.0, utilizando inteligência artificial.

Minha diretoria engloba três áreas principais:

1. Inteligência Artificial e *Analytics*
2. Internet das Coisas e Sistemas Embarcados

### 3. Engenharia de Software e Transportes Inteligentes

Essas áreas trabalham juntas para criar novas soluções. O projeto Plataforma Iasmin é um exemplo de como trabalhamos em rede. Contamos com o apoio de 90 pesquisadores de 12 instituições nacionais, incluindo USP, ITA, UNESP e Unicamp, além de nove instituições internacionais e seis grandes empresas parceiras: Bosch, Braskem, Klabin, Siemens, Siemens Energy e Stellantis.

A Plataforma Iasmin tem seis linhas de pesquisa principais:

1. Monitoramento e Controle em Tempo Real
2. Sistemas Autônomos de Robótica e Máquinas-Ferramenta
3. Manutenção Prescritiva e Operação Inteligente
4. *Digital Twin* (Gêmeos Digitais)
5. Interoperabilidade e Integração da Cadeia
6. Segurança Cibernética

Trabalhamos na transformação de processos industriais, utilizando dados para desenvolver agentes de inteligência artificial e realizar testes e validações. Todo o projeto é balizado pela transferência de tecnologia e pela difusão do conhecimento.

No entanto, a governança do projeto é um grande desafio, especialmente quando lidamos com propriedade intelectual compartilhada entre empresas e centros de pesquisa. Nos projetos competitivos, a propriedade intelectual pertence às empresas; nos projetos pré-competitivos, ela é compartilhada.

Alguns dos casos já desenvolvidos incluem:

- Gêmeos Digitais para ativos industriais complexos;
- Tomada de decisão operacional com IA em parceria com a Braskem;
- Reconstrução de modelos 3D com realidade virtual e interação espacial.

Na linha de monitoramento em tempo real, um dos desafios é a falta de equipamentos instrumentados em algumas indústrias. Muitas empresas ainda não possuem sensores adequados, o que exige primeiro a instrumentação desses locais para então obtermos os dados necessários para análise.

Temos equipes multidisciplinares trabalhando em diferentes projetos, incluindo 15 pesquisadores liderados pelo professor Paulo Miyagi e outros 15 liderados pela professora Lilian, da Unifesp.

Outro exemplo é a aplicação de visão computacional na indústria alimentícia, como o desenvolvimento de um sistema para identificação de hematomas em frangos, garantindo melhor qualidade no processamento de alimentos. Também trabalhamos em diagnóstico de câncer em parceria com o Inova HC e a Santa Casa de Misericórdia.

A segurança cibernética é uma área transversal dentro do projeto Yasmin. Estamos desenvolvendo ferramentas de criptografia pós-quântica junto com a Klabin, buscando antecipar desafios futuros e garantir proteção avançada de dados.

Um dos maiores desafios que enfrentamos é a dificuldade de contratar

e reter bolsistas qualificados. As bolsas de pesquisa da FAPESP, por exemplo, oferecem valores que não são competitivos com o mercado, o que nos obriga a complementar os valores para atrair bons candidatos. Além disso, enfrentamos dificuldades com infraestrutura computacional e acesso a dados empresariais.

Convido todos vocês a conhecerem o IPT. Temos 69 laboratórios multidisciplinares e estamos de portas abertas para parcerias e novas colaborações.

### **Painelista 3: Giuliano Mendonça**

Eu trabalho na Embraer há 25 anos. Atualmente, lidero as iniciativas de inovação e inteligência artificial da empresa.

A Embraer possui quatro unidades de negócios principais:

1. Aviação Comercial
2. Aviação de Negócios
3. Defesa e Segurança
4. Serviços e Suporte

Nosso programa de inovação, chamado Verticais de Inovação, define temas estratégicos que podem causar disrupções ou representar grandes oportunidades e desafios. Um desses temas é a inteligência artificial e a ciência de dados.

Gostaria de começar desmistificando um pouco a inteligência artificial. Apesar de parecer algo recente, a IA existe há bastante tempo, desde os primórdios da ciência da computação com Alan Turing. No entanto, a grande revolução atual vem da abundância de dados e da redução dos custos computacionais.

Na Embraer, dividimos a IA em quatro categorias principais:

1. Raciocínio: Modelos para estimar, classificar e prever;
2. Percepção: Foco em visão computacional e sensores;
3. Linguagem: Inteligência artificial generativa e compreensão de linguagem;
4. Interação com Humanos: Sistemas autônomos e enxames de drones.

A inteligência artificial pode ser aplicada em toda a cadeia da aviação, desde o desenvolvimento de produtos até operações e manutenção. Nossa estratégia está dividida em três pilares principais:

1. Eficiência: Melhorar a produtividade e reduzir custos em processos internos;
2. Produto: Aumentar a segurança e o desempenho dos produtos;
3. Novos Negócios: Criar novos mercados habilitados por IA, como eVTOLs (veículos elétricos de pouso e decolagem vertical).

A implementação da IA na aviação segue uma abordagem gradual, com níveis de autonomia que vão desde assistentes informativos até sistemas completamente autônomos.

Por exemplo, estamos desenvolvendo o *FlyMove*, um centro de pesquisa

focado no futuro da mobilidade aérea, em parceria com a FAPESP e o ITA.

Outro conceito importante é o avião como um hub de dados. Hoje, um avião da família E2 da Embraer gera cerca de 250 GB de dados por ano. Se combinarmos esses dados com outros elementos do ecossistema de aviação, podemos desenvolver soluções inteligentes e personalizadas para nossos clientes.

No entanto, ainda enfrentamos grandes desafios, como:

- Gestão e qualidade de dados: não basta ter muitos dados, é necessário que sejam confiáveis;
- Formação de profissionais especializados: a demanda por talentos qualificados em IA é crescente;
- Integração com regulamentações internacionais: a IA na aviação precisa estar alinhada com padrões e normas globais.

A solução para superar essas barreiras envolve parcerias com universidades, startups e centros de pesquisa, garantindo um desenvolvimento tecnológico sustentável e seguro.

Para concluir, quero reforçar que a inteligência artificial é uma ferramenta poderosa, que, quando bem utilizada, pode aumentar a segurança, reduzir custos e promover inovação no setor de aviação.



*Participantes do painel sobre Inteligência Artificial*

## **Moderador:**

Agora abriremos o espaço para perguntas da plateia.

## Perguntas e Respostas

### Pergunta 1

*Os carros voadores que a Embraer está desenvolvendo exigirão um novo sistema de controle de tráfego aéreo urbano?*

#### **Giuliano Mendonça**

*O eVTOL (carro voador) é um produto de uma empresa derivada da Embraer chamada EVE Air Mobility. Esses veículos terão uma densidade maior de operação dentro do espaço aéreo urbano, o que exige um controle de tráfego aéreo mais sofisticado. A EVE está desenvolvendo um sistema de controle de tráfego específico para isso, utilizando tecnologias como gestão autônoma de rotas, sensores e comunicação avançada para garantir a segurança e a eficiência nas cidades onde esses veículos operarão.*

### Pergunta 2

*Quais são os maiores desafios em termos de recursos humanos para atender à demanda crescente por profissionais qualificados em IA?*

#### **Júlio Alberto Dias**

*Na PSR, buscamos formar talentos internamente, trazendo estagiários que crescem conosco. Porém, está cada vez mais difícil atrair profissionais, devido à altíssima competitividade do mercado. Mesmo para estágios, a qualificação exigida é muito elevada, e a disputa pelos melhores talentos tornou-se intensa.*

#### **Maria Cristina Domingues**

*No IPT, enfrentamos grandes dificuldades na retenção de bolsistas e na contratação de profissionais especializados. Empresas como Google, Meta e Amazon estão captando os talentos que as universidades formam no Brasil. Além disso, as bolsas de pesquisa da FAPES\* e outras agências não são competitivas com o mercado, o que nos obriga a complementar os valores para tentar atrair bons candidatos. Isso se torna um grande obstáculo para o avanço da pesquisa aplicada.*

#### **Giuliano Mendonça**

*Concordo que a formação de base sólida é essencial. Além disso, as universidades precisam preparar profissionais que tenham capacidade de aprendizado contínuo, pois a tecnologia muda rapidamente. Também precisamos trabalhar em estratégias para tornar empresas nacionais e centros de pesquisa mais atrativos, para que esses talentos não saiam do Brasil tão rapidamente.*

### **Pergunta 3**

*Com relação à qualidade dos dados, como garantir que os modelos de IA sejam bem treinados e confiáveis?*

#### **Giuliano Mendonça**

*Essa é uma questão essencial. Ter grandes volumes de dados não significa que eles são dados de qualidade. Para garantir modelos confiáveis, é fundamental investir em governança de dados, limpeza e organização das informações. Além disso, é necessário um processo contínuo de curadoria para garantir que os dados utilizados sejam representativos e precisos. Sem isso, corremos o risco de produzir modelos e ineficientes com vieses, comprometendo a confiabilidade das soluções.*

### **Pergunta 4**

*Como vocês veem a combinação de abordagens tradicionais baseadas em modelos matemáticos com as novas técnicas de aprendizado de máquina?*

#### **Júlio Alberto Dias**

*Essa combinação é essencial. Em muitos casos, os modelos matemáticos tradicionais, como estatística e otimização, ainda são mais adequados para certos problemas. O aprendizado de máquina é uma ferramenta poderosa, mas não deve ser aplicado de forma isolada. O ideal é sempre buscar a melhor solução para cada problema, combinando métodos clássicos e abordagens modernas de IA.*

#### **Giuliano Mendonça**

*Exatamente. A inteligência artificial não elimina a necessidade de compreensão dos fundamentos dos modelos matemáticos. Muitas vezes, a solução mais simples é a mais eficaz. Além disso, entender como diferentes abordagens podem se complementar é fundamental para resultados mais robustos e confiáveis.*

#### **Moderador:**

Gostaria de agradecer a todos os painelistas e à plateia pelas perguntas e pelo engajamento. Este painel foi extremamente rico em ideias, e acredito que todos saímos daqui com uma visão mais ampla sobre os desafios e oportunidades da inteligência artificial em diferentes áreas da engenharia e da indústria.

## Sessão 4 – Transição Energética

### Parte 1 (Palestras)

Moderador: *Nelson Martins*

### Palestra 4.1: Visão Geral da Transição Energética

Palestrante: *Pietro Erber*

O que eu pretendo fazer é estabelecer um pano de fundo ou uma contextualização da transição energética, que será abordada em maior detalhe pelos próximos palestrantes deste grupo de trabalho.

Vou apresentar os fatores que motivam a transição, os principais desafios, seus requisitos, e, finalmente, a transição energética no Brasil. Essa parte inicial será mais focada no panorama mundial, dada a natureza global dessa transição.

A situação mundial atual pode ser caracterizada por vários fatores, mas eu gostaria de destacar, em primeiro lugar, naturalmente, a própria mudança climática, além do estresse hídrico e das grandes desigualdades entre países e dentro das sociedades, que dificultam a implementação de medidas eficazes contra essas mudanças.

O aquecimento da atmosfera por gases de efeito estufa decorre não só do setor de energia, mas também do uso do solo, do desmatamento, da atividade agropecuária, entre outras ações antrópicas, além de fatores naturais como atividades vulcânicas.

O objetivo central da transição energética é reduzir o aquecimento global por meio da substituição de combustíveis fósseis e do aumento da eficiência energética. Contudo, a transição, embora necessária, não é suficiente para conter o aquecimento global.

A justificativa para essa transição, dado seu alto custo, é que os custos serão menores do que as externalidades atuais do modelo de produção e consumo de energia.

Contudo, essa transição ainda está em estágio inicial e não ocorrerá rapidamente. A substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis tem sido lenta devido à alta dependência global desses combustíveis, que possuem vantagens como densidade energética, baixo custo de obtenção, facilidade de transporte e infraestrutura consolidada.

Além disso, a população mundial está crescendo, especialmente em países com maior desigualdade e carência, como na África. Isso adiciona complexidade ao processo, pois há dificuldade em reduzir subsídios e internalizar externalidades. Subsídios, uma vez criados, são difíceis de eliminar, algo que também observamos no Brasil.

O custo da adaptação e das medidas compensatórias também é um desafio considerável. Ainda assim, observa-se uma redução gradual no consumo e na produção de combustíveis fósseis. Esse ritmo lento significa mais emissões de gases de efeito estufa, intensificando o aquecimento global.

O setor de petróleo e gás historicamente cresceu de forma contínua, exceto em momentos de crises mundiais. Para controlar essa redução, será necessário evitar descompassos entre oferta e demanda, que poderiam causar crises econômicas devido à escassez de combustíveis.

Outro desafio está nos custos diretos das formas renováveis de energia, que muitas vezes excedem os custos das fontes fósseis. Por isso, é essencial valorizar e explicitar as externalidades negativas. Isso tem impulsionado mercados de carbono, captura de carbono e investimentos em eficiência energética.

A participação da sociedade é outro fator crítico para o sucesso dessa transição. Não se trata de uma mudança que pode ser feita apenas de cima para baixo; ela precisa ocorrer também de baixo para cima, com convergência entre políticas públicas e ação social.

A segurança energética também deve ser considerada, uma vez que as fontes renováveis dependem do clima e de materiais críticos, como metais e terras raras, que são escassos e mal distribuídos geograficamente.

O futuro traz consigo muitas incertezas, o que torna os investimentos de longo prazo mais arriscados. Subsídios, pressão de fornecedores, custos de substituição e escassez de recursos financeiros, tecnológicos e materiais estão entre os principais entraves.

Felizmente, a resistência à transição está diminuindo, muito graças ao trabalho da imprensa e à maior conscientização sobre sua necessidade.

Estima-se que serão necessários cerca de 2 trilhões de dólares por ano para viabilizar a transição energética global, um valor comparável ao mercado anual de petróleo. Isso mostra o peso econômico desse setor e a dificuldade de realizar mudanças rápidas.

A estabilidade regulatória, legislações claras e prioridades de investimento são fundamentais para atrair recursos, tanto públicos quanto privados.

A redução de carbono pode ser abordada por duas vias:

1. Econômica: Criação de mercados de carbono, que monetizam emissões e incentivam a redução de combustíveis fósseis;
2. Física: Captura e armazenamento estável de carbono, reflorestamento, produção de biocombustíveis e combustíveis sintéticos, além do uso do *Biochar* (ou biocarbono), também conhecido no Brasil como “terra preta de índio”.

Outro ponto importante no debate sobre a transição energética é o hidrogênio. Embora sua produção atual seja significativa, com cerca de 120 milhões de toneladas anuais, ela é majoritariamente derivada de fontes fósseis, resultando em altas emissões de carbono.

O interesse renovado no hidrogênio decorre da possibilidade de produzi-lo por eletrólise, usando energia gerada por fontes renováveis, como hidráulica, solar e eólica – o chamado hidrogênio verde.

O hidrogênio, contudo, não é uma fonte de energia, mas um vetor ener-

gético. Seu transporte e armazenamento são caros, o que limita sua viabilidade econômica em larga escala.

As aplicações mais viáveis do hidrogênio atualmente são:

- Veículos movidos a células de combustível;
- Produção de combustíveis sintéticos, como metanol e SAF (combustível de aviação sustentável).

Além disso, a transição energética precisa ser justa e inclusiva, abordando não apenas a segurança energética, mas também a segurança alimentar e econômica. Os custos devem ser distribuídos de forma equitativa, tanto em termos históricos quanto atuais.

No Brasil, os subsídios para populações de baixa renda precisarão ser mantidos, para garantir acesso adequado às formas modernas de energia.

Atualmente, cerca de um bilhão de pessoas no mundo ainda não têm acesso à eletricidade, e muitas cozinham com lenha, enfrentando impactos negativos para a saúde.

A transição energética é o maior esforço global consciente já realizado, e o seu sucesso depende da contribuição de todos.

O Brasil possui um grande potencial energético, mineral e agrícola, com cerca de 50% de sua oferta energética e 90% de sua eletricidade oriunda de fontes renováveis.

A matriz energética brasileira, apesar de favorável, está sujeita a riscos climáticos e ambientais. A principal responsabilidade do país é focar nos setores de transporte, indústria e edificações, além de ampliar o uso de biocombustíveis e melhorar a infraestrutura para armazenamento de energia renovável.

A energia nuclear também deve ser considerada como parte dessa transição, com destaque para a conclusão de Angra 3 e possíveis novos investimentos.

Por fim, a transição energética no Brasil requer adesão social, esforços conjuntos e cooperação internacional para ser bem-sucedida.

## Palestra 4.2: Temas Centrais da Transição Energética

### Moderador

Passamos agora ao segundo palestrante: Antonio Capeleiro. Antonio iniciou sua carreira no setor elétrico, mas migrou para o setor de petróleo, com graduação, mestrado e MBA em Negócios na área. Ele possui décadas de experiência no desenvolvimento e gerenciamento de campos de petróleo offshore, sendo 36 anos dedicados à Petrobras, especialmente no desenvolvimento dos campos do complexo de Marlim, na Bacia de Campos. Antônio, a palavra é sua.

## **Palestrante: Antonio Capeleiro**

É um prazer estar aqui com vocês. Vou tentar complementar a palestra do Pietro, embora seja um desafio, já que conversamos diariamente e trocamos muitas ideias.

Gostaria de contribuir com alguns aspectos quantitativos sobre a transição energética para fomentar a discussão ao final da sessão.

Os dados que trago hoje são baseados em publicações recentes na área de energia. Começo abordando o aumento da demanda energética projetada até 2050, impulsionada pelo crescimento populacional global e pelo aumento do acesso à energia em países menos desenvolvidos.

### **Cenário Energético Global até 2050**

Projeções indicam um crescimento de 10% na demanda energética global. Os combustíveis fósseis, que atualmente representam 80% da geração energética, deverão cair para cerca de 55% até 2050.

Para alcançar a meta de limitar o aumento da temperatura global entre 2°C e 2,5°C até 2100, diversas ações estão em andamento: aumento da eficiência energética; redução drástica do uso de carvão; eletrificação do transporte e; redução do vazamento de metano, que tem um impacto 20 vezes maior do que o CO<sub>2</sub> no efeito estufa.

### **Tecnologias de Baixa Emissão**

Tecnologias de baixa emissão representam hoje apenas 10% do necessário para alcançar as metas de 2050. No transporte rodoviário, apenas 1% dos caminhões utilizam baterias elétricas. Indústrias de aço, cimento, plástico e amônia continuam altamente poluentes.

Além das energias eólica e solar, a energia nuclear, especialmente com pequenos geradores modulares, representa um caminho importante para a redução das emissões. No entanto, ainda há muitos desafios.

### **Captura e Armazenamento de Carbono (CCUS)**

O CCUS tem um potencial limitado devido às dificuldades logísticas e técnicas de armazenar CO<sub>2</sub> em locais adequados. O armazenamento de CO<sub>2</sub> deve ocorrer em aquíferos profundos e salinos, evitando ao máximo aquíferos rasos.

Há 10 anos, previa-se que a eficiência energética e as energias renováveis reduziriam as emissões globais em cerca de 40%, mas essa projeção não se concretizou. O presidente da Agência Internacional de Energia reconheceu recentemente que o processo de transição energética está lento e enfrenta inércia significativa. Há muitos interesses divergentes e inconsistências nos dados publicados.

Um estudo recente da *World Energy Outlook* propõe caminhos para atingirmos o *net zero* até 2050. Esse relatório traz dados importantes sobre o impacto do aumento do uso da Inteligência Artificial (IA) no consumo de energia. Hoje uma simples pesquisa no Google já consome uma quantidade significativa de energia.

Com o uso de ferramentas de IA, como *ChatGPT* ou *Copilot*, o consumo energético aumenta em até 10 vezes por pesquisa. Projeções indicam que, até 2026, o aumento no uso da IA demandará um crescimento de 5 a 10 vezes na capacidade energética dos data centers. Esse é um alerta importante para o planejamento energético global.

### **Medidas Propostas para Redução de Emissões**

No relatório da Agência Internacional de Energia, algumas ações principais são sugeridas:

1. Eliminar a fabricação de veículos movidos a combustão e focar veículos elétricos;
2. Expandir a geração elétrica com fontes 100% limpas, evitando carvão e gás;
3. Investir em tecnologias de armazenamento, como baterias e usinas hidrelétricas reversíveis;
4. Capturar e armazenar CO<sub>2</sub> nas indústrias mais poluentes, como siderúrgicas e cimenteiras.

Na Europa, especialmente na Noruega, já existem avanços na captura e armazenamento de carbono. No entanto, os custos são elevados, e essas iniciativas ainda estão em fase inicial.

### **Cenário Brasileiro na Transição Energética**

No Brasil, a situação tem particularidades. O setor de energia já conta com mais de 80% de geração limpa, principalmente através de hidrelétricas. O crescimento das fontes solar e eólica tem sido notável, representando cerca de 20% da matriz elétrica. No entanto, há um problema significativo: quando não há sol nem vento, há uma queda abrupta de cerca de 40 Gigawatts no fornecimento de energia, equivalente ao desligamento de três ou quatro usinas de Itaipu. Esse cenário reforça a necessidade de investir em:

- Armazenamento eficiente de energia;
- Bancos de baterias;
- Usinas hidrelétricas reversíveis.

### **Oportunidades para o Brasil**

O Brasil tem um potencial significativo para atrair indústrias poluentes para seu território, utilizando sua matriz energética limpa como diferencial competitivo. Isso pode ser mais vantajoso do que exportar hidrogênio verde ou amônia. No entanto, há desafios importantes relacionados à eficiência dos leilões de energia, que atualmente não consideram fatores de capacidade, confiabilidade e o ciclo de vida das instalações energéticas. No Nordeste brasileiro, por exemplo, já existem “cemitérios” de geradores eólicos desativados, o que representa um desafio ambiental significativo.

Vamos falar agora sobre a Energia Nuclear. Este é um tema que, embora polêmico, merece nossa atenção devido ao seu potencial de contribuição para uma matriz energética mais limpa e confiável.

Fiz um levantamento sobre as emissões de CO<sub>2</sub> em toneladas por gigawatt-hora (GWh) gerado:

- Carvão: 979 t CO<sub>2</sub>/GWh
- Gás Natural: 462 t CO<sub>2</sub>/GWh
- Biomassa: 253 t CO<sub>2</sub>/GWh
- Fotovoltaica: 53 t CO<sub>2</sub>/GWh
- Geotérmica: 42 t CO<sub>2</sub>/GWh
- Hidrelétrica: 26 t CO<sub>2</sub>/GWh
- Nuclear: 13 t CO<sub>2</sub>/GWh
- Eólica: 12 t CO<sub>2</sub>/GWh

Como podem ver, a energia nuclear está entre as fontes com menores emissões de CO<sub>2</sub>, superada apenas pela energia eólica.

Além disso, há outros dois aspectos importantes:

- Fator de Capacidade: usinas nucleares operam com até 90% de fator de capacidade, enquanto a fotovoltaica fica em torno de 25%.
- Ciclo de Vida Útil: a vida útil das usinas nucleares é muito mais longa do que a de instalações fotovoltaicas ou eólicas.

### **Desafios na Energia Nuclear**

Apesar dessas vantagens, existem desafios significativos: um investimento Inicial elevado (CAPEX); descartes de resíduos nucleares e preocupações com segurança. Eventos históricos como Chernobyl, Fukushima e *Three Mile Island* deixaram marcas profundas. No entanto, acredito que a engenharia pode contornar esses desafios, criando sistemas mais seguros e eficientes.

### **Um Exemplo Internacional – Califórnia**

Na Califórnia, houve uma transição do carvão para o gás natural em 2017, acompanhada por um crescimento significativo na geração solar. Contudo, ainda dependem fortemente do gás natural e enfrentam dificuldades com a intermitência da energia solar, especialmente no fim do dia. Esse exemplo nos ensina que, mesmo em países desenvolvidos, a dependência de fontes estáveis e despacháveis, como a energia nuclear, permanece crítica.

### **Armazenamento de Energia**

O armazenamento de energia é uma peça-chave para o sucesso das energias renováveis. Usinas Hidrelétricas Reversíveis utilizam reservatórios elevados para armazenar água durante períodos de baixa demanda. Já baterias de alta capacidade permitem estocar energia solar e eólica para uso noturno. A estocagem de gás para usinas térmicas oferece flexibilidade ao sistema elétrico.

No entanto, essas tecnologias têm limitações em termos de custo e escala.

### **Perspectivas para o Setor de Petróleo e Gás**

Como profissional com décadas no setor de óleo e gás, não sou contrário à transição para energias mais limpas. No entanto, é importante reconhecer que

- o setor de petróleo ainda será essencial até 2050;
- a eliminação do carvão deve ser priorizada;
- carros elétricos são importantes, mas precisamos considerar a extração sustentável dos minerais necessários para as baterias.

A transição energética precisa ser equilibrada, pragmática e adaptada às realidades locais.

### **Brasil: Desafios e Oportunidades**

No Brasil, temos desafios e oportunidades únicas:

- i) O desmatamento e o uso da terra - o maior problema das emissões brasileiras está relacionado à agropecuária e ao desmatamento, e não ao setor energético;
- ii) Mercado de Carbono - temos uma oportunidade de nos beneficiar com créditos de carbono, atraindo investimentos para energias limpas;
- iii) Energia Nuclear - deveríamos reconsiderar investimentos em pequenas usinas modulares nucleares.

### **Reflexão Final**

Acredito que o Brasil tem um papel de liderança global na transição energética, mas precisamos melhorar a governança dos leilões de energia; investir em tecnologias de armazenamento; enfrentar o desafio das emissões no setor agropecuário e explorar novas fronteiras energéticas de forma responsável.

Espero que esses pontos sirvam de insumo para o nosso debate.

### **Moderador**

Obrigado, Antonio Capeleiro, por essa apresentação abrangente e repleta de dados importantes. Vamos agora abrir espaço para perguntas e discussões.

## **Perguntas e Respostas**

### **Pergunta 1**

*Bom dia, Antonio. Você mencionou a importância da energia nuclear no mix energético. Quais seriam os principais desafios para expandirmos essa fonte no Brasil, considerando nossa atual matriz energética?*

## **Antonio Capeleiro**

*No Brasil, os principais desafios para a expansão da energia nuclear incluem:*

- 1. Custo Inicial Elevado: a construção de uma usina nuclear exige um investimento inicial muito alto, o que muitas vezes desestimula o setor privado;*
- 2. Regulação Complexa: o setor nuclear é altamente regulado, e os processos de aprovação de novos projetos são longos e burocráticos;*
- 3. Aceitação Pública: existe um estigma associado à energia nuclear, principalmente devido a acidentes históricos como Chernobyl e Fukushima;*
- 4. Gestão de Resíduos Nucleares: o descarte adequado dos resíduos é um desafio técnico e ambiental.*

*Apesar desses obstáculos, acredito que pequenas usinas nucleares poderiam ser uma solução viável para o Brasil, especialmente em regiões isoladas onde a distribuição elétrica é mais difícil.*

## **Pergunta 2**

*Antonio, você mencionou a questão dos cemitérios de turbinas eólicas no Nordeste brasileiro. Como podemos evitar que isso continue acontecendo?*

## **Antonio Capeleiro**

*O problema dos cemitérios de turbinas eólicas está relacionado a três fatores principais:*

- 1. Planejamento Deficiente: muitos projetos não consideram adequadamente o ciclo de vida das turbinas eólicas;*
- 2. Manutenção Preventiva Ineficiente: falhas de manutenção aceleram o desgaste e a inutilização das turbinas;*
- 3. Descarte Sustentável: ainda não temos políticas claras para o descarte sustentável de componentes das turbinas.*

*A solução passa por: um melhor planejamento nos leilões de energia, programas robustos de manutenção preventiva e a criação de políticas específicas para descarte e reciclagem de turbinas desativadas.*

## **Pergunta 3**

*Você mencionou o impacto da Inteligência Artificial no aumento do consumo de energia. Como equilibrar o avanço tecnológico com a sustentabilidade energética?*

## **Antonio Capeleiro**

*Esse é um dos maiores desafios do nosso tempo. A IA está revolucionando diversos setores, mas como mencionei, cada interação com uma ferramenta de IA consome muito mais energia do que uma pesquisa simples no Google. As soluções possíveis incluem:*

- 1. Eficiência Energética nos Data Centers: melhorar a eficiência dos servidores e sistemas de refrigeração;*
- 2. Uso de Fontes Renováveis para Data Centers: Garantir que os data centers sejam abastecidos por energia limpa;*
- 3. Otimização de Algoritmos: desenvolver algoritmos mais eficientes em termos de consumo energético.*

*Empresas líderes nesse setor já estão buscando certificações verdes para seus data centers, e esse é um caminho promissor.*

## **Pergunta 4**

*Antonio, você mencionou que o Brasil pode se beneficiar mais trazendo indústrias poluentes para usar nossa matriz limpa do que exportando hidrogênio verde. Pode explicar melhor essa visão?*

## **Antonio Capeleiro**

*Claro. Exportar hidrogênio verde ou amônia requer um processo logístico extremamente caro e complexo. O hidrogênio precisa ser transformado em amônia para ser transportado com segurança, o que encarece o processo. Por outro lado, se trouxermos indústrias poluentes para o Brasil, elas poderiam se beneficiar diretamente de nossa matriz energética limpa, gerando empregos locais e fortalecendo a nossa economia sem a necessidade de infraestrutura logística complexa para exportação. Acredito que essa abordagem seria mais vantajosa econômica e ambientalmente para o Brasil.*

## **Pergunta 5**

*Como você vê o papel das hidrelétricas reversíveis no contexto brasileiro?*

## **Antonio Capeleiro**

*As hidrelétricas reversíveis representam uma excelente solução para o armazenamento de energia. Elas funcionam bombeando água para reservatórios elevados durante períodos de baixa demanda e liberando essa água para gerar eletricidade nos momentos de pico. No Brasil, temos uma topografia favorável para esse tipo de tecnologia, mas enfrentamos alguns desafios:*

- 1. Investimento inicial alto: como qualquer grande infraestrutura, exige capital significativo;*
- 2. Regulação: precisamos de políticas claras para incentivar esses projetos;*
- 3. Impacto Ambiental: embora menor que outras fontes, ainda é necessá-*

*rio um estudo ambiental robusto para cada projeto.*

*No entanto, acredito que essa tecnologia será fundamental para garantir a estabilidade do sistema elétrico brasileiro.*

## Comentários Finais

### Moderador

Antonio Capeleiro encerrou sua apresentação reforçando a necessidade de um planejamento energético holístico, que leve em consideração:

- A eficiência energética;
- O ciclo de vida das tecnologias;
- A capacidade de armazenamento;
- A governança eficaz nos leilões de energia.

O Brasil possui recursos naturais abundantes e um potencial único para ser referência global na transição energética, mas é necessário enfrentar esses desafios com pragmatismo, inovação e responsabilidade socioambiental.

## Palestra 4.3: Desafios da Transição Energética

### Moderador

Tivemos duas excelentes apresentações que fazem parte do *position paper* em elaboração pela ANE, o qual será disponibilizado em breve.

Além desse esforço, a Academia Nacional de Engenharia (ANE) tem contribuído para chamadas públicas do Ministério de Minas e Energia e da ANEEL, abordando temas tratados neste *position paper*. Um exemplo desta contribuição foi na questão dos reservatórios de múltiplos usos e das inundações, como as ocorridas no Rio Grande do Sul, entre outros assuntos relevantes.

Agora passamos a palavra ao nosso próximo palestrante, coordenador do Comitê do Grupo de Trabalho (GT) de Desafios da Transição Energética, o professor Djalma Falcão. Ele obteve seu doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Manchester, Reino Unido.

### Palestrante: *Djalma Falcão*

Minha apresentação será um pouco diferente das anteriores. Vou abordar o trabalho do Comitê de Desafios da Transição Energética, que está preparando um *position paper* sobre o tema. Algumas das conclusões já foram mencionadas pelos palestrantes anteriores, que também fazem parte desse grupo de trabalho.

## **Sobre o Grupo de Trabalho (GT)**

O GT foi constituído para produzir um artigo sobre os desafios da transição energética e organizar painéis sobre o tema. Este evento é um dos vários que já realizamos desde abril deste ano. O artigo, atualmente na fase de revisão gramatical, já possui uma versão preliminar com cerca de 110 páginas.

O documento está estruturado nos seguintes capítulos:

1. Introdução e contextualização – Tema abordado na palestra de abertura desta Sessão
2. Combustíveis, transporte, indústria, mercado e captura de carbono
3. Sistema eletroenergético
4. Desafios ambientais, socioeconômicos e regulatórios
5. Conclusões e referências

Esse artigo será disponibilizado para consulta em breve.

## **Compromisso do Brasil com a Transição Energética**

O Brasil está fortemente comprometido com a transição energética e já assinou a maioria dos acordos internacionais pertinentes. Recentemente, o governo lançou a Política Nacional de Transição Energética, que busca coordenar diversos projetos de lei e outras iniciativas no Congresso Nacional.

Nosso país tem grande potencial para ampliar sua geração renovável, sendo talvez o mais bem posicionado globalmente para isso, com forte capacidade de geração hidrelétrica, eólica e solar. Também possuímos condições favoráveis para a produção de combustíveis alternativos, como foi destacado nas apresentações anteriores.

Porém, precisamos garantir que essa transição não cause prejuízos ao setor elétrico e à população. A transição energética deve ser justa, inclusiva e equilibrada, sem onerar excessivamente os brasileiros.

## **Principais desafios na substituição de combustíveis fósseis:**

1. Custo elevado: Os combustíveis alternativos ainda são mais caros que os fósseis;
2. Disponibilidade global: Para o setor de transportes, especialmente o aéreo, é essencial garantir que os novos combustíveis estejam disponíveis tanto no Brasil quanto em outros países;
3. Infraestrutura: A eletrificação dos transportes exige uma ampla rede de pontos de recarga;
4. Impacto na indústria: A descarbonização exigirá grandes investimentos e precisa considerar o custo da energia elétrica como insumo essencial;
5. Mercado de carbono e captura de CO<sub>2</sub>: Embora importantes, essas estratégias não são soluções únicas e devem ser complementadas por outras medidas.

## O Setor Elétrico Brasileiro na Transição Energética

Nosso sistema elétrico já é um dos mais limpos do mundo. Portanto, não precisamos de uma transição energética no setor elétrico, mas sim de políticas que garantam sua continuidade como um sistema sustentável e eficiente.

Contudo, há desafios, especialmente diante do crescimento projetado da demanda e das mudanças climáticas, que afetam diretamente o funcionamento do setor. Além de interrupções no fornecimento, eventos climáticos extremos impactam a previsibilidade das vazões dos rios e da geração eólica.

Um problema adicional é o “Marco Regulatório”, cuja última grande reforma ocorreu em 2003-2004. Desde então, o setor passou por profundas transformações, como o crescimento da geração distribuída e a participação crescente de fontes como eólica e solar. Além disso, o armazenamento de energia, um elemento crucial para o futuro, não está devidamente contemplado no marco atual.

## Desafios Ambientais, Socioeconômicos e Regulatórios

Embora a geração renovável tenha impactos ambientais menores, eles ainda existem. Precisamos planejar com antecedência para mitigar esses efeitos, como no caso dos chamados cemitérios de turbinas eólicas.

Outro ponto crucial é evitar que a transição energética torne a energia mais cara para os consumidores. O custo da transição não deve ser repassado diretamente à população.

A redução do uso de combustíveis fósseis também deve ser coordenada com o setor de petróleo e gás, para evitar desequilíbrios na oferta e demanda de energia.

Por fim, os aprimoramentos regulatórios precisam ser integrados e planejados em todas as etapas para garantir o sucesso da transição.



*Especialistas convidados para o painel sobre Transição Energética, moderado por Nelson Martins*

## Conclusão

O Brasil está bem posicionado para liderar a transição energética global, não apenas para cumprir acordos internacionais, mas também para impulsionar sua economia. Temos uma grande oportunidade de nos tornarmos um **exportador de produtos industriais sustentáveis**, aproveitando nossos recursos naturais e nossa matriz energética limpa.

A transição energética não deve ser vista apenas como uma obrigação ambiental, mas como um negócio estratégico para o crescimento econômico do país.

## Moderador

Muito obrigado, professor Djalma!

## Painel: Desafios da Transição Energética no Brasil

### Moderador: *Djalma Falcão*

Vamos dar início ao nosso painel sobre **Desafios da Transição Energética**. Esta segunda parte será um debate com vários participantes do grupo de trabalho da ANE sobre transição energética. Vamos, então, começar com o primeiro debatedor.

Nosso primeiro debatedor é o Dr. Albert Melo. Um breve currículo:

- Engenheiro eletricista pela Universidade Federal de Pernambuco (1983).
- Mestre e doutor pela PUC-Rio (1986 e 1990).
- Pesquisador do Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL), onde exerceu diversos cargos, incluindo o de Diretor-Geral (2008-2017).
- Atualmente, professor da UERJ e membro titular da ANE.

### Painelista 1: *Albert Melo*

Diante do excelente painel anterior, focarei minha fala em quatro pontos principais, com ênfase no setor elétrico brasileiro.

Primeiramente, abordarei o inter-relacionamento entre políticas tecnológica, energética, segurança energética e aspectos geopolíticos. Dois terços das emissões globais de gases de efeito estufa são provenientes do setor energético, mas no Brasil as emissões do setor elétrico representam apenas 1% a 2%. Isso se deve, em grande parte, à nossa política tecnológica, que se iniciou na crise do petróleo na década de 1970.

Naquele período, além do desenvolvimento da exploração de petróleo offshore, tivemos iniciativas como o Proálcool e a adoção da hidroeletricidade como base da matriz energética brasileira. Assim, a política energética nacional foi moldada para garantir independência energética e, ao mesmo tempo,

desenvolver tecnologia própria.

Nos últimos 20 anos, cerca de 75 a 90% da geração elétrica brasileira tem origem renovável, um dado que reflete nossa trajetória bem-sucedida nesse campo. Entretanto, devemos observar que, enquanto o Brasil avançou nesse sentido há décadas, países desenvolvidos não fizeram seu dever de casa. Assim, é justo que a maior parte dos investimentos em transição energética global recaia sobre eles.

Outro ponto crucial é a necessidade de modelagem das incertezas das fontes renováveis intermitentes. Embora tenham inúmeras vantagens, essas fontes apresentam desafios operacionais, especialmente em relação à confiabilidade do sistema elétrico. Precisamos considerar essas incertezas não apenas na operação diária, mas também no planejamento estratégico da expansão do sistema elétrico.

É paradoxal que, com mais de 220 mil MW de capacidade instalada e picos de demanda muito abaixo desse valor, ainda enfrentemos dificuldades para atender aos momentos de maior consumo. Isso ocorre porque cerca de 35% da nossa matriz energética depende de fontes intermitentes, como solar e eólica.

Outro desafio é o financiamento adequado para novas tecnologias e infraestrutura. Subsídios são importantes nas etapas iniciais de desenvolvimento tecnológico, mas sua retirada deve ser planejada cuidadosamente. Atualmente, grande parte dos subsídios brasileiros vai para a micro e minigeração distribuída, criando distorções no sistema.

Finalmente, precisamos enfrentar o desafio das mudanças climáticas com planejamento de longo prazo, considerando os impactos nos regimes hidrológicos, eólicos e solares.

## **Moderador**

Nosso próximo debatedor é o Eng. Altino Ventura. Um breve resumo de seu currículo:

- Engenheiro eletricitista pela Universidade Federal de Pernambuco.
- Ingressou na Eletrobras em 1972, atuando como engenheiro-chefe em diversas divisões de planejamento e estudos energéticos.
- Foi diretor-geral da Itaipu Binacional (1996-2002).
- Presidente da Eletrobras (2002-2003).
- Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético do MME (2010-2016).
- Atualmente, é membro titular da ANE.

## Painelista 2: *Altino Ventura*

Vou trazer uma reflexão que pode parecer pessimista, mas, na verdade, é realista, baseada na minha experiência em cargos estratégicos ao longo das últimas décadas.

A transição energética não é um tema recente; já discutimos isso desde a Rio 92. A grande questão que coloco aqui é: o que fizemos nas últimas três décadas para avançar nessa transição?

Nos primeiros 20 anos desse período, o Brasil fez muito bem seu dever de casa. Expandimos nossa capacidade hidroelétrica com projetos robustos como Belo Monte, Jirau e Santo Antônio. No entanto, enfrentamos resistência interna e externa, principalmente de ONGs internacionais e movimentos locais contrários à construção de hidrelétricas.

Como resultado, o programa hidroelétrico foi interrompido, mesmo havendo um potencial significativo ainda não explorado, especialmente na Região Norte. Além disso, perdemos nossa liderança mundial em engenharia de hidrelétricas. Hoje as equipes técnicas que dominavam esses projetos foram desmobilizadas, e o conhecimento acumulado está se perdendo.

Em vez de continuarmos investindo em hidrelétricas, optamos por soluções que considero uma “intransição” energética:

- Criamos subsídios para o carvão mineral até 2050;
- Obrigamos a construção de usinas térmicas a gás em regiões onde não há gás nem demanda significativa de energia;
- Instalamos usinas térmicas a óleo diesel para suprir demandas emergenciais em 2008, com contratos de longo prazo que continuam pesando na conta de energia.

Essas decisões têm impacto direto nos custos de geração e nas emissões de gases de efeito estufa.

Além disso, a expansão desordenada das fontes eólica e solar apresenta desafios. A quantidade dessas fontes na matriz energética excede a capacidade do sistema de absorvê-las eficientemente. Novas usinas eólicas, mesmo com vento disponível, precisam ser desligadas devido à falta de flexibilidade no sistema.

O planejamento precisa ser resgatado como prioridade. Precisamos equilibrar operação e planejamento, utilizando o potencial hidroelétrico remanescente de forma sustentável. As hidrelétricas com reservatórios continuam sendo essenciais para garantir flexibilidade e confiabilidade ao sistema elétrico.

Outro ponto crucial é o setor de transporte. O Brasil continua extremamente dependente do modal rodoviário movido a diesel, enquanto outras nações investem em eletrificação e navegação fluvial. Precisamos repensar nossa infraestrutura de transporte e utilizar melhor nossos recursos naturais, como rios navegáveis.

Por fim, quero reforçar: não podemos copiar cegamente os modelos de transição energética europeus ou americanos. O Brasil tem características e desafios próprios. Devemos focar em soluções realistas, adaptadas às nossas necessidades e potenciais.

## **Moderador**

Agora ouviremos o Dr. Eduardo Serra. Um breve resumo do seu currículo:

- Engenheiro metalúrgico pelo \*\*Instituto Militar de Engenharia (IME) (1970).
- Doutor em Ciência em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela COPPE/UFRJ (1980).
- Pós-doutorado no Electric Power Research Institute (EPRI) (1981).
- Trabalhou no Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL) de 1975 a 2013, atuando como chefe de departamento de materiais e pesquisador consultor.
- Atualmente, é sócio-gerente da EP+PS Consultoria e membro titular da ANE.

## **Painelista 3: Eduardo Serra**

É um prazer estar aqui, compartilhando reflexões sobre a transição energética, ainda que minha formação seja em engenharia metalúrgica e de materiais.

Gostaria de trazer uma perspectiva um pouco diferente do que foi apresentado até aqui. Acredito que o Brasil deva adotar uma abordagem própria para a transição energética, sem necessariamente replicar os modelos europeus ou norte-americano.

O Brasil tem características únicas e um potencial enorme para maximizar sua produção de bens e riqueza a partir da transição energética. Precisamos olhar além do setor elétrico e focar também no setor industrial e produtivo.

Por exemplo:

- Temos emissões significativas nos setores de aço, cimento e fertilizantes.
- Abandonamos a produção nacional de fertilizantes nitrogenados, tornando-nos dependentes de importações.
- Deixamos de explorar oportunidades para produzir metanol e outros insumos importantes com energia renovável.

O Brasil tem um excedente de energia renovável que poderia ser aproveitado para produzir hidrogênio verde em larga escala. Esse hidrogênio pode ser utilizado para produzir fertilizantes, combustíveis sustentáveis para aviação e transporte marítimo, além de outros produtos de alto valor agregado.

Claro, o hidrogênio verde ainda é caro. Atualmente, cerca de 60% do custo de uma planta de hidrogênio está associado aos “eletrolisadores”. Mas essa realidade está mudando com a evolução tecnológica. Os custos tendem a cair, e

precisamos estar preparados para aproveitar essa oportunidade.

Outro ponto importante é o setor de transportes. Por que devemos seguir cegamente a tendência europeia de eletrificação total do transporte? O Brasil já possui uma infraestrutura robusta para a produção de etanol. Somos líderes mundiais nesse setor, e o etanol pode ser uma solução viável para reduzir emissões no transporte.

No entanto, precisamos equilibrar essas soluções:

- Eletrificação para transportes leves;
- Etanol para veículos híbridos;
- Hidrogênio verde para transporte pesado.

O que falta é coordenação estratégica e planejamento para aproveitar esses potenciais de maneira equilibrada.

Devemos também considerar que o setor elétrico é apenas parte da solução climática brasileira. As emissões brasileiras têm maior relação com o desmatamento e mudanças no uso do solo. A agenda europeia de transição energética foca no setor elétrico porque é onde estão suas maiores emissões. No Brasil, precisamos olhar para além dessa perspectiva.

A transição energética deve ser uma ferramenta para desenvolvimento econômico e social, promovendo justiça social, criação de empregos e fortalecimento da indústria nacional.

Finalizo com a seguinte reflexão: não podemos ser meros consumidores de tecnologia importada. O Brasil tem capacidade para ser um exportador de tecnologia limpa e de produtos verdes.

## Moderador

Agora ouviremos a Engenheira Graça Foster. Um breve resumo de seu currículo:

- Engenheira e advogada, mestre em Engenharia pela COPPE/UFRJ
- MBA em Transição Energética pela PUC-Paraná (conclusão prevista para 2024).
- MBA em Infraestrutura e Regulação pela Fundação Getúlio Vargas.
- Atuou como gerente de tecnologia de gás e energia no CENPES/Petrobras (1980–2002).
- Foi Secretária de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Ministério de Minas e Energia (2003–2006).
- Presidente da Petrobras Distribuidora (2006–2008).
- Diretora da área internacional e Presidente da Petrobras (2012–2015).
- Atualmente, é membro titular da ANE.

## Painelista 4: Graça Foster

Começo com uma reflexão: o que significa realmente transição energética? É simplesmente sair de um ponto A para um ponto B? Onde exatamente está esse ponto A e qual é o destino?

Desde a Revolução Industrial, testemunhamos um crescimento exponencial da população mundial, acompanhado de um aumento desenfreado no consumo de energia. Isso incluiu o uso massivo de combustíveis fósseis: petróleo, carvão e gás natural.

Esse aumento no consumo resultou em uma crescente emissão de gases de efeito estufa, com impactos evidentes no aquecimento global. Secas, incêndios florestais, tempestades extremas – são fenômenos que vivenciamos cada vez mais.

Se o consumo energético global não for administrado de maneira responsável, especialmente pelos países desenvolvidos, as consequências serão desastrosas para o meio ambiente e para os mais vulneráveis.

Agora, trago números importantes:

- Em 2024, o Brasil deve se tornar a 8ª maior economia do mundo, segundo o FMI;
- Somos o 9º maior produtor de petróleo e o 8º maior consumidor, embora consumamos oito vezes menos petróleo que os Estados Unidos;
- Estados Unidos e China juntos consomem um terço da energia mundial.

Isso nos leva a algumas perguntas cruciais:

- Como os países com vastas reservas de petróleo, como Arábia Saudita e Estados Unidos, vão administrar suas riquezas na transição energética?
- Como garantir que a dependência desses recursos não retarde os esforços globais para reduzir emissões?

Aqui no Brasil, a produção de petróleo gera uma fonte crucial de receita para estados e municípios. Somente em maio de 2024, foram distribuídos R\$ 4,3 bilhões em royalties. Em um período de 12 meses, os valores superaram R\$ 54 bilhões.

Se reduzirmos drasticamente essa produção, como vamos substituir essas receitas?

Outro ponto relevante: as reservas de combustíveis fósseis não são eternas. Projeções indicam que, por volta de 2040 ou 2050, haverá um declínio significativo no consumo global de petróleo.

Isso nos leva a uma questão de planejamento estratégico: o Brasil está preparado para essa mudança?

## **A Importância do Planejamento Estratégico**

A Política Nacional de Transição Energética, lançada recentemente, traz diretrizes importantes:

1. Maximizar a descarbonização da matriz energética;
2. Garantir a segurança energética;
3. Combater a pobreza energética;
4. Promover inclusão social e desenvolvimento regional.

Contudo, uma política energética eficaz precisa ser fortemente regulada e integrada entre os setores de energia fóssil e renovável.

Outro aspecto importante é a necessidade de financiamento sustentável para garantir que essa transição seja justa. É fundamental que os subsídios sejam direcionados de maneira eficiente e estratégica, sem distorções que penalizem os consumidores mais vulneráveis.

## **Ações Prioritárias**

1. Fortalecer a infraestrutura para hidrogênio verde;
2. Investir em modernização das hidrelétricas existentes;
3. Aproveitar melhor os recursos hídricos para transporte fluvial;
4. Promover políticas de eficiência energética no setor industrial;
5. Equilibrar a expansão de fontes intermitentes (eólica e solar) com estabilidade do sistema elétrico.

## **Adaptação vs Mitigação**

Em países como o Brasil, com tantas desigualdades sociais, a prioridade deve ser a adaptação às mudanças climáticas, sem comprometer o desenvolvimento econômico e social. Isso não significa abandonar os esforços de mitigação, mas sim equilibrá-los com as necessidades reais da população brasileira.

Para concluir:

- A transição energética deve ser inclusiva, planejada e adaptada à realidade brasileira;
- Devemos evitar modelos importados que não refletem nossas necessidades e potencialidades;
- A agenda climática é global, mas sua implementação deve ser local e realista.

## **Moderador**

Muito obrigado pelas apresentações esclarecedoras. Agora daremos início à sessão de Perguntas e Respostas.



*Painelistas que compartilharam suas visões no debate sobre Transição Energética no Brasil*

## Perguntas e Respostas

### Pergunta 1

*O problema do Brasil hoje não é a oferta de energia, mas a falta de flexibilidade operacional. Como podemos resolver isso? E qual o papel do planejamento nesse processo?*

#### **Albert Melo**

*De fato, temos uma sobreoferta de energia no Brasil, mas enfrentamos desafios para garantir flexibilidade no sistema elétrico. As hidrelétricas desempenham um papel fundamental para suavizar as intermitências das fontes eólica e solar.*

*O problema não é apenas operacional, mas também de planejamento de longo prazo. Precisamos definir claramente como será a expansão do sistema, levando em consideração a integração eficiente dessas fontes intermitentes. Além disso, deve haver uma política de remuneração adequada para a flexibilidade fornecida pelas hidrelétricas, que hoje não é valorizada.*

#### **Graça Foster**

*Complementando, o planejamento precisa voltar a ser o eixo central das decisões energéticas. A atual fragmentação do processo de contratação de energia, baseada em contratos bilaterais, está inviabilizando a execução do planejamento centralizado.*

## **Pergunta 2**

*Se considerarmos a eletrificação de fogões, chuveiros e veículos até 2050, a demanda de energia poderá triplicar. Como o sistema elétrico brasileiro se preparará para isso?*

### **Altino Ventura**

*Você está absolutamente certo, Watanabe. O aumento projetado da demanda exigirá um sistema elétrico muito mais robusto e flexível. Precisaremos investir não apenas em novas fontes de geração, mas também em infraestrutura de transmissão e distribuição. Além disso, precisamos de políticas claras para incentivar o uso eficiente de energia. A eletrificação de setores como transporte e indústria deve ser planejada com cuidado, evitando sobrecargas e gargalos.*

## **Pergunta 3**

*O setor de transporte no Brasil é um dos maiores consumidores de energia. Como a eletrificação e a navegação fluvial podem contribuir para uma transição energética eficiente?*

### **Altino Ventura**

*Historicamente, negligenciamos o transporte ferroviário e fluvial no Brasil. Isso resultou em uma dependência excessiva do transporte rodoviário movido a diesel. Investir na navegação fluvial e eletrificação ferroviária pode reduzir drasticamente o consumo de combustíveis fósseis no setor de transporte. O potencial do Rio Tapajós, por exemplo, é subaproveitado. O uso múltiplo dos recursos hídricos deve ser um eixo prioritário no planejamento de infraestrutura do país.*

### **Graça Foster**

*Complementando, a transição no setor de transporte não pode depender apenas da eletrificação. O etanol e o biodiesel continuarão desempenhando um papel fundamental no curto e médio prazo. Precisamos equilibrar essas alternativas de forma estratégica.*

## **Pergunta 4**

*O Brasil tem sua maior parcela de emissões associada ao desmatamento, não ao setor energético. Como equilibrar mitigação e adaptação às mudanças climáticas?*

### **Graça Foster**

*Esta é uma questão-chave. O Brasil tem uma responsabilidade diferenciada em relação às mudanças climáticas. Nossas emissões não vêm majoritariamente do setor elétrico, mas sim do desmatamento e uso do solo. Portanto, nossa prio-*

ridade deve ser a adaptação às mudanças climáticas para minimizar os impactos em setores vulneráveis, como agricultura e recursos hídricos. Isso não significa que devemos abandonar os esforços de mitigação, mas sim que precisamos priorizar investimentos em resiliência e infraestrutura adaptativa.

### **Albert Melo**

*Exatamente. A agenda brasileira de transição energética não pode ser uma cópia da agenda europeia. Enquanto lá a energia é a principal fonte de emissões, aqui precisamos focar em preservar nossas florestas, otimizar o uso de nossos recursos naturais e investir em tecnologias que aumentem a resiliência do nosso sistema elétrico.*

### **Pergunta 5**

*Como o Brasil pode equilibrar os investimentos em hidrogênio verde com a necessidade de manter a energia acessível para a população?*

### **Eduardo Serra**

*Esse é um desafio significativo. A produção de hidrogênio verde tem um enorme potencial econômico, mas não podemos permitir que os subsídios para essa indústria resultem em um aumento das tarifas de energia para os consumidores finais. Uma solução seria direcionar os subsídios iniciais para o desenvolvimento tecnológico e infraestrutura, garantindo que os custos futuros sejam mais baixos. Além disso, precisamos de políticas claras para evitar que os consumidores brasileiros paguem a conta de exportações de hidrogênio para o mercado internacional.*

### **Pergunta 6**

*Quais seriam as medidas prioritárias para garantir uma transição energética justa no Brasil?*

### **Graça Foster**

*Uma transição energética justa precisa abordar três pilares fundamentais: inclusão social e erradicação da pobreza energética; segurança no suprimento energético, e equilíbrio entre fontes renováveis e não renováveis. Além disso, políticas públicas devem ser claras, bem regulamentadas e fiscalizadas para garantir que a transição energética não acentue desigualdades sociais.*

### **Altino Ventura**

*Adiciono que o setor de planejamento precisa ser fortalecido. Hoje estamos muito fragmentados, com decisões tomadas de forma descoordenada. Precisamos resgatar a capacidade de planejamento centralizado para guiar investimentos e políticas públicas.*

## Considerações Finais

### Moderador

Chegamos ao final deste importante painel sobre Desafios da Transição Energética. Antes de encerrar, convidarei cada debatedor para suas considerações finais, com um tempo breve para resumir os principais pontos abordados.

### *Albert Melo*

Gostaria de reforçar que a transição energética no Brasil deve ser baseada em planejamento estratégico sólido. Devemos priorizar o equilíbrio entre fontes intermitentes, como eólica e solar, com a flexibilidade das hidrelétricas. Além disso, precisamos garantir que a política tecnológica seja valorizada, evitando soluções de curto prazo que resultem em custos elevados para a população. O Brasil tem potencial para ser líder global em energia limpa, mas isso exige investimentos em inovação, planejamento e execução eficiente.

### *Altino Ventura*

Acredito que o Brasil enfrenta um desafio crítico: recuperar o protagonismo hidroelétrico. Abandonamos uma das nossas maiores vantagens competitivas, e isso precisa ser revertido. Além disso, é essencial que a infraestrutura de transporte e logística seja repensada, com maior foco no uso de ferrovias e navegação fluvial. A transição energética precisa ser adaptada à nossa realidade, priorizando segurança, planejamento e eficiência.

### *Eduardo Serra*

Minha mensagem final é clara: o Brasil deve ter uma agenda própria de transição energética, que não seja uma cópia de modelos internacionais. Precisamos aproveitar nosso potencial energético para fortalecer setores como fertilizantes, hidrogênio verde e transporte sustentável. A transição deve ser uma alavanca para o desenvolvimento econômico e industrial, e não apenas um compromisso ambiental.

### *Graça Foster*

Reforço que a transição energética brasileira precisa ser inclusiva e adaptada à nossa realidade socioeconômica. Devemos garantir que nossas políticas energéticas não comprometam a erradicação da pobreza, a segurança no fornecimento de energia e o desenvolvimento regional. A integração entre fontes renováveis e não renováveis, a regulamentação eficiente e os investimentos estratégicos são pilares essenciais para uma transição bem-sucedida.

## Moderador

Agradeço imensamente aos nossos debatedores pelas contribuições valiosas e à plateia pela participação ativa e pelas perguntas pertinentes. Encerramos aqui este painel, com a certeza de que as discussões de hoje contribuirão para orientar políticas públicas e estratégias empresariais no setor energético brasileiro.

## Sessão 5 – Água, Desenvolvimento e Qualidade de Vida

### Painel 1: Saneamento

#### Moderador: *Jerson Kelman*

Vamos dar início ao painel sobre Saneamento, que terá um formato um pouco diferente do simpósio de ontem e das apresentações da manhã. Teremos apenas uma apresentação principal, feita pela Marilene Ramos. Em seguida, haverá uma conversa entre os participantes do painel e, por fim, abriremos para perguntas e manifestações da plateia.

Os painelistas são:

- Marilene Ramos: com uma vasta experiência no setor público, foi presidente do INEA, secretária de Meio Ambiente do Rio de Janeiro, presidente do IBAMA, diretora do BNDES e, atualmente, é conselheira de Águas do Brasil.
- Luiz Firmino Pereira: Também ex-presidente do INEA, recentemente concluiu um pós-doutorado em Portugal, trazendo novas perspectivas sobre saneamento. É Pesquisador e Coordenador do Centro de Estudos em Regulação e Infraestrutura da FGV.
- Paulo Canedo: com uma carreira acadêmica de destaque, foi presidente da Serla e tem uma longa trajetória de contribuição para o controle de enchentes e hidrologia.
- Miguel Fernández y Fernández: especialista renomado em hidráulica e saneamento, autor de livros importantes na área.

Eu mesmo fui diretor da ANA, presidente da Sabesp, e hoje coordeno o Comitê de Saneamento da Academia Nacional de Engenharia. Todos nós aqui fazemos parte desse comitê.

Para começarmos, gostaria de pedir à Marilene que fale um pouco sobre os avanços observados desde a aprovação da Lei 14.026 em 2020.

#### Painelista 1: *Marilene Ramos*

A aprovação da Lei 14.026/2020, o novo marco legal do saneamento, representou um divisor de águas. O saneamento brasileiro estava muito atrasado, mesmo em comparação com países com renda *per capita* semelhante.

Antes da lei, tínhamos:

- 32 milhões de pessoas sem acesso à água tratada;
- 100 milhões sem coleta de esgoto;
- Apenas 50% do esgoto coletado era tratado.

Além disso, cerca de 75% da população atendida dependia de companhias estaduais, enquanto apenas 5% eram atendidas por concessionárias privadas.

Com a aprovação do novo marco: a Agência Nacional de Águas (ANA) passou a ter responsabilidade sobre diretrizes regulatórias; houve regionalização das concessões para garantir economia de escala e subsídios cruzados, e empresas estatais puderam mudar de controle, permitindo a entrada de capital privado.

Desde então, tivemos 51 leilões de saneamento, abrangendo 20 estados e 1.158 municípios. Mais de 64 milhões de pessoas passaram a ser atendidas por concessionárias privadas, e foram contratados mais de R\$ 200 bilhões em investimentos, com metas de universalização até 2033.

Dentre os principais exemplos de sucesso, destaco:

- Rio de Janeiro: A CEDAE realizou concessões que dividiram a região metropolitana entre três empresas.
- Amapá: Concessão plena, abrangendo produção, distribuição de água e tratamento de esgoto.
- Paraná: Parcerias Público-Privadas (PPPs) para coleta e tratamento de esgoto.

Além disso, vimos um crescimento significativo do mercado de capitais no setor. Empresas como Egea, Iguá e Águas do Brasil captaram bilhões em emissões de títulos para financiar investimentos.

Para concluir, apesar de desafios como a necessidade de uma regulação mais robusta, os avanços já são visíveis. O caso da Lagoa de Araruama, por exemplo, ilustra como esforços bem estruturados podem reverter décadas de degradação ambiental.

## **Moderador**

Obrigado, Marilene, por essa exposição tão completa. Agora gostaria de ouvir o Luiz Firmino, que tem uma experiência interessante sobre como Portugal enfrentou desafios semelhantes..

## **Painelista 2: Luiz Firmino Pereira**

Como a Marilene mencionou, a solução para muitos desafios do saneamento no Brasil envolve uma combinação de abordagens técnicas e regulatórias.

O caso emblemático da Lagoa de Araruama começou com um problema claro: a falta de saneamento adequado levou à eutrofização extrema da lagoa.

A solução envolveu a implementação do sistema de tempo seco, que intercepta esgoto nas galerias pluviais antes que chegue ao corpo hídrico.

Durante meu pós-doutorado em Portugal, pude estudar como sistemas semelhantes são implementados em outras partes do mundo. Há um mito comum de que o sistema de tempo seco não funcionaria no Brasil devido ao nosso clima tropical chuvoso, mas pesquisas comparativas demonstraram que ele pode alcançar até 86% da eficiência dos sistemas europeus.

A principal vantagem do sistema de tempo seco é que, durante a maior parte do ano, quando não está chovendo, 100% do esgoto pode ser capturado e tratado. Já nos dias de chuva intensa, há um *overflow*, mas a poluição residual é mínima.

Além disso, cidades europeias, como Londres e Paris, não descartaram o sistema unitário (mistura de esgoto e água pluvial). Em vez disso, aprimoraram as estações de tratamento para lidar com fluxos maiores e criaram reservatórios subterrâneos para armazenamento temporário de águas pluviais.

Outro ponto importante é a governança. Portugal centralizou a gestão de saneamento, facilitando a implementação de projetos regionais. Aqui no Brasil, o modelo fragmentado por municípios ainda representa um desafio significativo.

Por fim, precisamos superar barreiras regulatórias. Iniciativas como a criação de normas específicas pela ABNT para sistemas de tempo seco são passos importantes.

## Moderador

Obrigado, Luiz Firmino. Suas observações trazem uma perspectiva valiosa. Vamos agora ouvir o Paulo Canedo, que tem *insights* importantes sobre a integração entre sistemas de drenagem e esgoto.

## Painelista 3: Paulo Canedo

Vou direto ao ponto: o saneamento no Brasil é marcado por ligações cruzadas entre esgoto pluvial e esgoto doméstico.

A visão tradicional da engenharia separa completamente os sistemas, mas a realidade das nossas cidades é muito mais complexa. A integração entre drenagem e esgoto é inevitável, e precisamos reconhecer isso.

Uma das propostas que apresentei foi criar um *sandbox* regulatório para testar soluções integradas em escala local. Escolhemos a região do Jardim Botânico, no Rio de Janeiro, que tem desafios históricos de alagamentos.

O objetivo é demonstrar, de forma prática, que a integração entre os sistemas pode melhorar a eficiência, reduzir custos e aumentar a resiliência das cidades frente a eventos climáticos extremos.

Além disso, precisamos repensar o modelo de gestão. Se as concessões privadas estão funcionando bem no setor de esgoto, por que não as estender ao sistema de drenagem? O acidente recente no Rio Grande do Sul mostrou que a falta de manutenção em sistemas públicos pode ter consequências catastróficas.

Precisamos enfrentar essas barreiras regulatórias e culturais com coragem e pragmatismo.

## Moderador

O Miguel Fernández pensa de forma um pouco diferente sobre algumas questões, então vamos dar espaço para ele apresentar seu ponto de vista.

### Painelista 4: Miguel Fernández

Na verdade, não é que eu pense diferente, mas acredito que a questão tem uma complexidade maior do que foi apresentada. Antes de entrar no tema principal, gostaria de fazer um breve comentário sobre a captação de tempo seco. Esse sistema nos permite investir apenas 25% do custo total de um sistema separador absoluto e, ainda assim, alcançar 80% de eficiência. Só isso já justifica sua implementação.

É claro que cada local tem suas particularidades e não podemos aplicar uma solução única para todas as cidades. Mas vale lembrar que essa tecnologia já foi utilizada no antigo Projeto Rio, realizado pelo DNOS nos anos 1980, na margem oeste da Baía de Guanabara. Eu mesmo fui coordenador desse projeto. O fiscal desse projeto na época, era contra a captação de tempo seco. Ele argumentava que, se adotássemos essa abordagem, nunca mais iríamos construir sistemas com separadores completos. Apesar disso, permitiu que realizássemos as captações.

Agora, vamos ao tema principal, que é a tarifa de saneamento, um assunto que me fascina.

### O Problema da Estrutura Tarifária

É preciso refletir sobre como a concessão de serviços de saneamento é organizada. Em teoria, o setor privado pressupõe livre concorrência, mas no caso de saneamento, temos um monopólio natural, o que pode gerar conflitos entre usuários e prestadores de serviço.

Outro ponto controverso é o sistema de tarifa por degraus crescentes. Hoje a estrutura tarifária funciona assim:

- Até 15 metros cúbicos, o custo é X;
- De 15 a 20 metros cúbicos, o custo é Y, e assim por diante.

Isso contradiz um dos princípios básicos da economia, que é a economia de escala. Essa estrutura tarifária se popularizou com a justificativa de que promove justiça social, mas essa premissa é uma *fake news* amplamente difundida. Mesmo o Imposto de Renda, que é um tributo progressivo, não consegue realizar distribuição de renda de maneira tão eficiente quanto muitos acreditam que a tarifa de água faz.

Casas com mais moradores tendem a ser as mais pobres. A lógica nos diz que famílias numerosas moram juntas por necessidade, não por luxo. No entanto, o sistema tarifário atual penaliza esses lares sob a suposição equivocada de que

alto consumo significa maior poder aquisitivo. Cobrar mais dessas famílias sob o argumento de que algumas pessoas podem ter piscina não faz sentido e só gera mais distorções.

Se queremos equidade tarifária, precisamos de um modelo mais bem pensado. Já que estamos debatendo normas, a ABNT deveria ajudar a padronizar isso também.

### **Consumo de Água, Pressão e Tarifação**

Outro aspecto relevante da tarifa é a relação entre consumo de água e pressão na rede.

Quanto menor a pressão, menor o consumo de energia elétrica no bombeamento, reduzindo os custos operacionais. Ao mesmo tempo, tubulações de PVC, que são amplamente utilizadas, têm um limite de pressão de 60 mca (metros de coluna d'água). Exceder esse limite pode gerar rompimentos. Ou seja, não há necessidade de manter uma pressão elevada durante 24 horas por dia. Podemos reduzir a pressão durante a madrugada, quando o consumo é menor.

Agora, e se usássemos a seguinte lógica para criar uma estrutura tarifária mais eficiente?

Hotéis e grandes consumidores poderiam receber incentivos para consumir mais água no período noturno, reduzindo a demanda nos horários de pico. O dimensionamento da rede leva em conta os picos de consumo diários e sazonais. Se conseguirmos suavizar esses picos, poderíamos diminuir custos e evitar desperdícios.

Se quisermos evitar distorções, precisamos de um modelo de tarifação que considere a realidade social e o comportamento do consumo.

### **A Falta de Planejamento no Setor**

Outro problema que observo no setor de saneamento é a falta de planejamento técnico nas tomadas de decisão. Não é o caso do Jerson Kelman ou do Benedito Braga, que são engenheiros e cresceram na área. Mas quantas vezes vimos pessoas sem a formação técnica adequada assumindo posições estratégicas e implementando mudanças tarifárias sem qualquer embasamento técnico?

Hoje muitos gestores entram no setor sem conhecer os fundamentos da engenharia e aprendem durante o mandato. O resultado? Tomam decisões baseadas apenas nos balanços financeiros, sem considerar a infraestrutura. Implantam sistemas tarifários focados exclusivamente na arrecadação, sem avaliar os impactos sociais e técnicos. Vejo muita gente saindo dos MBAs e aplicando modelos de precificação e tarifação completamente distantes da realidade operacional do saneamento.

Minha proposta não é simplesmente criticar o sistema atual, mas incentivar uma reflexão. Precisamos de mais engenheiros estudando economia e administração para trazer um equilíbrio ao setor.

## Moderador

Muito obrigado pelas apresentações, que trouxeram dados, experiências e reflexões essenciais para entendermos o cenário atual do saneamento no Brasil. Vamos abrir agora para perguntas da audiência.



Participantes do painel sobre Saneamento

## Perguntas e Respostas

### Pergunta 1

*Boa tarde, meu nome é Ana Beatriz, sou pesquisadora na área de gestão hídrica. Minha pergunta é para a Marilene. Você mencionou o crescimento dos investimentos privados após o novo marco regulatório, mas ainda vemos resistência em alguns municípios em aderir a esse modelo. Quais são os principais desafios para superar essa resistência?*

### Marilene Ramos

*A resistência dos municípios está frequentemente ligada a dois fatores principais: falta de informação técnica e receio político. Primeiro, muitos gestores municipais não têm conhecimento técnico suficiente para avaliar as vantagens de uma parceria público-privada ou concessão. Esse desconhecimento cria uma barreira natural. Em segundo lugar, há um receio político de que a privatização dos serviços resulte em tarifas mais altas para a população ou em perda de controle local. No entanto, a experiência recente em estados como Rio de Janeiro e Alagoas mostrou que, com contratos bem estruturados e regulação adequada, esses problemas podem ser minimizados. O papel do BNDES como estruturador de projetos tem sido fundamental para vencer essa resistência, fornecendo suporte técnico e financeiro para garantir que os processos de concessão sejam transparentes e eficientes.*

## **Pergunta 2**

*Meu nome é Carlos Eduardo, sou engenheiro sanitário. A pergunta é para o Luiz Firmino. Você mencionou que o sistema de tempo seco pode ser altamente eficaz mesmo em regiões tropicais. Mas como lidar com a resistência técnica de parte dos profissionais e gestores públicos que ainda acreditam que esse sistema não é adequado para o Brasil?*

### **Luiz Firmino**

*A resistência técnica é, muitas vezes, fruto de mitos antigos e de uma formação técnica que ainda privilegia o modelo do separador absoluto como único caminho viável. Uma das maneiras de quebrar essa resistência é através de \*estudos comparativos claros, como os que realizei durante meu pós-doutorado em Portugal, que demonstram que o tempo seco pode alcançar uma eficiência impressionante, mesmo em climas tropicais chuvosos. Além disso, precisamos de projetos-piloto bem-sucedidos para servir como exemplos concretos. A experiência na Lagoa de Araruama, que reverteu décadas de degradação ambiental, é um ótimo exemplo.*

*Outro ponto fundamental é a normatização técnica, como a que está sendo desenvolvida pela ABNT. Quando tivermos uma norma clara, haverá menos margem para resistência baseada apenas em argumentos subjetivos.*

## **Pergunta 3**

*Boa tarde, sou Fernanda Lima, jornalista especializada em meio ambiente. Pergunta para Paulo Canedo: Como a integração entre drenagem pluvial e coleta de esgoto pode ser implementada na prática, considerando a fragmentação administrativa que existe hoje entre prefeituras e concessionárias?*

### **Paulo Canedo**

*Essa é uma questão complexa, Fernanda, e você tocou no cerne do problema. A fragmentação administrativa entre os poderes municipais, estaduais e as concessionárias privadas realmente complica a implementação de um sistema integrado. Uma solução viável é começar por projetos-piloto regulatórios em regiões específicas, como a experiência do Jardim Botânico que mencionei. Esses projetos podem criar um precedente positivo e gerar confiança tanto entre os gestores públicos quanto entre a população. Além disso, precisamos que os contratos de concessão permitam explicitamente que as concessionárias de saneamento possam atuar também na drenagem urbana. Isso exigirá alterações legais e um avanço na regulamentação da ANA para permitir essa interface entre os sistemas.*

*Finalmente, acredito que a educação técnica e política sobre a importância dessa integração deva ser prioridade nos próximos anos.*

## **Pergunta 4**

*Olá, sou Ricardo Soares, consultor em infraestrutura. Minha pergunta é para todos: Como vocês enxergam o papel da inovação tecnológica no avanço do saneamento, especialmente no monitoramento remoto e no uso de inteligência artificial?*

### **Marilene Ramos**

*Inovação tecnológica é absolutamente crucial. Hoje já temos tecnologias de monitoramento remoto que permitem controlar vazamentos em redes de água e medir a qualidade dos efluentes em tempo real. No caso das concessões privadas, essas tecnologias têm sido amplamente adotadas, porque permitem otimizar custos operacionais e melhorar a eficiência do sistema.*

### **Luiz Firmino**

*Eu acrescentaria que a inteligência artificial pode ser usada para prever falhas nos sistemas, identificar padrões de consumo de água e sugerir intervenções antes que os problemas se tornem críticos. Além disso, ferramentas de geoprocessamento podem ajudar na identificação de ligações irregulares entre redes de drenagem e esgoto, permitindo ações mais direcionadas.*

### **Paulo Canedo**

*Concordo com ambos. Mas também precisamos garantir que essas tecnologias estejam acessíveis às prefeituras menores. Muitas vezes, a inovação fica restrita às grandes cidades e às concessionárias com mais recursos. A ANA e outras agências reguladoras têm um papel importante nesse sentido, criando políticas públicas que incentivem a adoção de tecnologia em larga escala, mesmo nos municípios com menos recursos.*

## **Moderador**

Muito obrigado a todos pelas perguntas e respostas. Acho que conseguimos abordar uma ampla gama de temas relevantes para o futuro do saneamento no Brasil. Antes de encerrar, gostaria de pedir a cada um dos painelistas que deixasse uma mensagem final.

## **Comentários Finais**

### **Marilene Ramos**

O avanço do saneamento no Brasil depende de compromisso político, segurança jurídica e investimentos contínuos. O novo marco legal trouxe avanços significativos, mas ainda temos um longo caminho pela frente.

## **Luiz Firmino**

Precisamos quebrar mitos, adotar soluções híbridas e buscar abordagens pragmáticas. O sistema de tempo seco é apenas um exemplo de como podemos avançar com criatividade e boa governança.

## **Paulo Canedo**

É hora de deixarmos de lado dogmas ultrapassados e encararmos a realidade das nossas cidades. O futuro do saneamento está na integração de sistemas e no uso eficiente dos recursos existentes.

## **Painel 2: Recursos Hídricos**

### **Moderador: Virgínia Ciminelli**

Esta sessão trata de um recurso essencial para a manutenção da vida no planeta – a água –, mas que, paradoxalmente, é tratado de forma negligente em diversas partes do mundo, inclusive no Brasil. A água é também um recurso finito, estratégico e necessário para viabilizar as mais diferentes atividades econômicas.

No entanto, apesar de o Brasil possuir a maior reserva de água doce do planeta, enfrentamos desafios significativos relacionados à gestão e à preservação desse recurso. O país possui uma vasta rede de rios, aquíferos e reservatórios, mas carece de infraestrutura adequada e políticas públicas eficazes para garantir a distribuição equitativa e sustentável dessa riqueza. Hoje iremos explorar essas questões complexas sob diferentes perspectivas trazidas pelos quatro especialistas convidados: Benedito Braga, Patrícia Boson, Durval Dourado e Fernando Lins.



O painel de encerramento debateu o tema Recursos Hídricos

Falaremos sobre os desafios enfrentados em grandes centros urbanos, como São Paulo, diante de impactos de eventos extremos. Discutiremos também o papel dos comitês de bacias hidrográficas na gestão integrada dos recursos hídricos. E, ainda, abordaremos a relação entre a produção agrícola e a produção mineral com o uso sustentável da água. Cada um dos nossos painelistas trará contribuições valiosas para essa discussão.

Nosso objetivo é não apenas compreender os desafios, mas também identificar soluções práticas e viáveis para promover a gestão mais eficiente dos recursos hídricos no Brasil.

### **Painelista 1: *Benedito Braga***

É um prazer muito grande estar aqui nesta tarde para discutir um tema tão relevante e, ao mesmo tempo, tão urgente para o Brasil: a gestão dos recursos hídricos. Nós vivenciamos, nos últimos anos, situações que nos deixaram lições muito claras.

Eu gostaria de começar falando sobre o caso emblemático da crise hídrica que afetou o Sistema Cantareira, em São Paulo, há alguns anos. Essa crise foi um marco na gestão da água no Brasil porque evidenciou não apenas a nossa vulnerabilidade em termos de infraestrutura hídrica, mas também a falta de uma cultura de uso consciente da água.

Naquele período, enfrentamos uma seca extrema, que quase levou ao colapso um sistema que abastece 22 milhões de pessoas. Um ponto importante que eu gostaria de trazer é a necessidade de diversificação das nossas fontes de abastecimento. Precisamos investir mais em reutilização de água e em sistemas mais eficientes de distribuição. Mas o problema vai além da infraestrutura física.

Precisamos também melhorar a governança dos recursos hídricos. A água não respeita fronteiras municipais ou estaduais, e, portanto, é fundamental que haja uma gestão integrada, que envolva diferentes esferas de governo e também a sociedade civil. Além disso, há uma questão cultural. Nós, como sociedade, ainda precisamos amadurecer muito no que diz respeito ao uso consciente da água. Campanhas educativas são fundamentais, mas estas precisam ser contínuas e amplamente divulgadas.

Do ponto de vista tecnológico, já existem muitas ferramentas disponíveis para melhorar a eficiência no uso e no monitoramento dos recursos hídricos. Sistemas automatizados de gestão, sensores para detectar vazamentos e plataformas digitais para monitoramento em tempo real são alguns exemplos de tecnologias que deveriam estar mais presentes na nossa infraestrutura hídrica.

Encerrando, eu acredito que temos muito trabalho pela frente, mas também temos muito conhecimento acumulado e exemplos de sucesso que podem ser replicados em larga escala. Precisamos tratar a água como o recurso estratégico que ela é, com planejamento, investimento e, principalmente, com responsabilidade compartilhada entre todos os setores da sociedade.

## **Painelista 2: *Patrícia Boson***

O Brasil é um país privilegiado quando falamos em recursos hídricos. Temos cerca de 12% de toda a água doce disponível no mundo, com rios majestosos, aquíferos profundos e um sistema hídrico que, em teoria, deveria ser suficiente para atender às nossas demandas. Contudo, na prática, enfrentamos desafios imensos.

O primeiro desafio que eu gostaria de abordar é o descompasso entre abundância e gestão eficiente. Em algumas regiões, temos água em excesso, enquanto em outras, a escassez é alarmante. Essa distribuição desigual exige políticas públicas bem planejadas, infraestrutura adequada e, sobretudo, uma governança clara e integrada.

Outro ponto crucial é a fragilidade dos nossos comitês de bacias hidrográficas. Esses comitês foram criados com o intuito de serem fóruns de diálogo, mediação de conflitos e planejamento participativo, mas, infelizmente, em muitos casos, isto não ocorre na prática.

Falta representatividade efetiva, falta financiamento adequado e, muitas vezes, falta também a capacitação técnica dos membros que os integram.

Além disso, precisamos falar sobre as águas subterrâneas. Muitas vezes negligenciadas, elas têm sido exploradas de maneira predatória, sem monitoramento adequado e sem políticas claras de uso sustentável. Essa exploração descontrolada pode levar a consequências gravíssimas, como o esgotamento de aquíferos e a contaminação irreversível dessas reservas.

Outro ponto importante é que, sem governança, não há gestão eficiente. A água é um recurso que não pode ser tratado de forma isolada. A água deve estar no centro das políticas públicas de desenvolvimento urbano, industrial, agrícola e social. Cada decisão tomada nesses setores tem um impacto direto na disponibilidade e qualidade da água.

Nesse sentido, acredito que precisamos fortalecer os instrumentos de governança já existentes. Precisamos de mais fiscalização, mais investimento em infraestrutura e, sobretudo, mais diálogo entre os setores envolvidos.

Por outro lado, há um desafio cultural que também precisa ser enfrentado. A conscientização sobre o uso racional da água deve começar nas escolas e permear toda a sociedade. É impressionante como, mesmo em regiões afetadas por secas recorrentes, ainda vemos desperdício de água em larga escala. Além disso, as soluções precisam ser pensadas em nível local.

Não podemos ter uma abordagem única para um país tão grande e diverso como o Brasil. Cada bacia hidrográfica tem suas peculiaridades e desafios específicos. É preciso olhar para essas particularidades e construir soluções personalizadas, com participação ativa das comunidades locais. Outro aspecto que merece destaque é o uso da tecnologia na gestão hídrica.

Hoje temos ferramentas incríveis para monitorar, controlar e prever cenários relacionados à disponibilidade hídrica. Software avançado, sensores de alta precisão e sistemas automatizados de monitoramento são alguns exem-

plos de tecnologias que podem transformar a forma como gerenciamos a água. Mas tecnologia sozinha não resolve. Ela precisa vir acompanhada de políticas públicas eficazes, de fiscalização rigorosa e de uma mudança cultural significativa. Por fim, quero reforçar que a gestão da água não é responsabilidade de um único setor.

É uma responsabilidade compartilhada entre governos, setor privado, sociedade civil e cada cidadão. Somente com essa colaboração mútua poderemos garantir a segurança hídrica necessária para as futuras gerações. A água não é um recurso infinito, nem pode ser tratada como um produto qualquer. Ela é essencial para a vida, para o desenvolvimento econômico e para a manutenção dos nossos ecossistemas.

### **Painelista 3: *Durval Dourado***

Eu venho aqui apresentar um trabalho que foi desenvolvido na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), da Universidade de São Paulo (USP). Este trabalho é fruto de anos de pesquisa e busca trazer contribuições significativas para a gestão dos recursos hídricos no Brasil, com foco na irrigação agrícola e no uso sustentável da água, especialmente no contexto das microbacias hidrográficas.

A ideia central do estudo foi entender como as microbacias podem ser unidades estratégicas para a gestão integrada dos recursos hídricos. As microbacias representam pequenos ecossistemas interligados, onde é possível observar com mais clareza a dinâmica da água, os impactos das atividades humanas e as soluções específicas que podem ser implementadas para garantir a sustentabilidade.

Nesse estudo, realizamos um monitoramento detalhado das microbacias selecionadas, analisando a quantidade e a qualidade da água disponível, as práticas de uso do solo e os impactos das atividades agrícolas no ciclo hidrológico. Utilizamos tecnologias avançadas, como sensores de umidade do solo, estações meteorológicas automáticas e imagens de satélite, para obter dados em tempo real sobre o comportamento hídrico dessas áreas.

Outro ponto importante do estudo foi analisar a relação entre os diferentes tipos de irrigação e o uso eficiente da água. Nós comparamos sistemas tradicionais, como a irrigação por aspersão, com tecnologias mais modernas, como a irrigação por gotejamento, que permite um controle muito mais preciso da quantidade de água aplicada diretamente nas raízes das plantas.

Os resultados foram muito claros: a irrigação por gotejamento pode reduzir em até 50% o consumo de água nas áreas monitoradas, sem comprometer a produtividade agrícola. Essa é uma informação fundamental para regiões que enfrentam escassez hídrica crônica.

Além disso, o estudo também abordou a importância do manejo adequado das áreas de recarga dos aquíferos. As microbacias desempenham um papel crucial na recarga das reservas subterrâneas de água, e práticas inadequadas,

como o desmatamento das áreas de APPs (Áreas de Preservação Permanente) e o uso excessivo de agroquímicos, podem comprometer seriamente a qualidade e a quantidade de água disponível.

Outro aspecto abordado foi a governança local nas microbacias. Observamos que, em muitos casos, as comunidades locais têm um papel determinante na preservação ou na degradação desses ecossistemas.

A participação ativa das comunidades no monitoramento e na tomada de decisões foi um diferencial nas áreas onde os resultados foram mais positivos. É importante mencionar que esse trabalho envolveu não apenas a coleta de dados, mas também uma abordagem educativa com os agricultores locais.

Realizamos *workshops*, treinamentos e visitas técnicas para mostrar, na prática, como as boas práticas de irrigação e manejo do solo podem contribuir para a preservação dos recursos hídricos e, ao mesmo tempo, aumentar a produtividade das lavouras.

Além disso, o estudo reforçou algo que todos nós já sabemos, mas que muitas vezes é negligenciado: o impacto das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica.

A variabilidade climática está se intensificando, com períodos de seca mais longos e chuvas mais irregulares. Isso exige que os agricultores estejam cada vez mais preparados para adaptar suas práticas às novas realidades climáticas.

Outro ponto de destaque foi a proposta de criação de planos de gestão integrada para microbacias hidrográficas, que incluam políticas específicas para uso do solo, práticas agrícolas sustentáveis, conservação das áreas de recarga e investimento em tecnologias de monitoramento hídrico.

O estudo mostrou que, quando existe um esforço coordenado entre agricultores, técnicos, órgãos públicos e a sociedade local, é possível alcançar resultados surpreendentes.

Em algumas das microbacias analisadas, conseguimos observar uma redução de até 40% no consumo total de água para irrigação, além de melhorias significativas na qualidade da água disponível para consumo humano e animal. Esse modelo, que tem como base a gestão integrada das microbacias, pode — e deve — ser replicado em outras regiões do país. Mas, para isso, é preciso investimento, vontade política e, principalmente, engajamento de todos os setores envolvidos.

Finalizando, gostaria de deixar uma mensagem clara: a gestão dos recursos hídricos na agricultura não é apenas uma questão técnica, mas também uma questão social e ambiental. Se conseguirmos unir tecnologia, boas práticas, governança eficiente e educação ambiental, teremos condições de garantir que o Brasil continue sendo um líder global em produção agrícola, sem comprometer nossos recursos hídricos.

#### **Painelista 4: *Fernando Lins***

É uma satisfação enorme estar aqui hoje participando deste painel tão relevante e discutindo um tema que, sem dúvida, impacta diretamente o desenvolvimento econômico e social do nosso país: a relação entre a mineração e os recursos hídricos. O Brasil é um dos países mais ricos do mundo em recursos minerais. Somos líderes na produção de ferro, bauxita, níquel, ouro e tantos outros minerais estratégicos para a economia global. Contudo, essa riqueza vem acompanhada de grandes desafios, especialmente no que diz respeito ao uso sustentável dos recursos hídricos.

A mineração é, por natureza, uma atividade que consome grandes volumes de água. Seja na etapa de extração, no beneficiamento dos minérios ou mesmo no controle de poeira e rejeitos, a água desempenha um papel central. E aqui está o nosso primeiro desafio: como equilibrar o uso intensivo de água na mineração com a necessidade de preservar esse recurso tão escasso? Uma das respostas está na adoção de tecnologias mais eficientes.

Hoje já existem sistemas fechados de recirculação de água que permitem reutilizar praticamente toda a água consumida nos processos industriais. Também temos tecnologias avançadas de tratamento de efluentes, que reduzem significativamente os impactos ambientais das atividades mineradoras. Outro ponto importante é a transparência na gestão dos recursos hídricos pelas mineradoras.

As empresas precisam ser claras e objetivas sobre quanto de água estão consumindo, como estão tratando os efluentes e quais medidas estão adotando para mitigar os impactos ambientais.

Relatórios periódicos, auditorias independentes e o cumprimento rigoroso das regulamentações são essenciais para construir uma relação de confiança com a sociedade. Além disso, precisamos falar sobre a fiscalização e a governança do setor mineral. Não basta apenas ter leis e regulamentações bem escritas no papel; é preciso garantir que elas sejam cumpridas.

E isso passa pelo fortalecimento dos órgãos fiscalizadores, pelo treinamento das equipes responsáveis e pela adoção de ferramentas tecnológicas que facilitem esse trabalho.

Outro aspecto que não podemos ignorar é a relação das mineradoras com as comunidades locais. Muitas vezes, as populações que vivem próximas às áreas de mineração são diretamente afetadas pelo uso intensivo de água. É fundamental que haja diálogo, transparência e, principalmente, compensação justa por eventuais impactos causados.

Eu gostaria de mencionar também a importância do planejamento integrado do uso da água entre setores econômicos. A mineração compete com outros usos prioritários da água, como o abastecimento humano e a agricultura. É preciso haver planejamento, coordenação e diálogo entre todos os setores envolvidos. Além disso, é essencial que o setor mineral adote práticas mais sustentáveis no descarte de rejeitos. Tragédias como as que vimos nos últimos anos, com rompimentos de barragens, não podem se repetir.

A segurança das barragens e o manejo adequado dos rejeitos precisam ser tratados como prioridade absoluta. É importante destacar exemplos positivos no setor mineral. Algumas empresas têm adotado práticas exemplares no uso e no tratamento da água, reduzindo drasticamente seu consumo e praticamente eliminando o descarte inadequado de efluentes. Esses casos precisam ser divulgados e, mais importante, replicados.

Por fim, eu gostaria de deixar uma mensagem clara: a mineração e a gestão sustentável dos recursos hídricos não são objetivos conflitantes. Elas podem — e devem — caminhar juntas. Mas, para isso, precisamos de inovação tecnológica, transparência, fiscalização efetiva, diálogo com as comunidades locais e, acima de tudo, compromisso com a sustentabilidade. O Brasil tem uma oportunidade única de ser referência mundial em mineração sustentável.

Temos recursos minerais — incluindo aqueles para a transição energética —, temos recursos hídricos, temos conhecimento. Temos que avançar no desenvolvimento e na inovação tecnológica e agregar valor a nossos recursos naturais. Consideramos ser fundamental que se adote no setor de mineração a cláusula obrigatória de investimento mínimo em PD&I nas grandes empresas, tal como já ocorre há mais de 25 anos nos setores de óleo & gás e de energia elétrica. O que precisamos agora é de ação, responsabilidade e um compromisso genuíno com o futuro do nosso país.

## Perguntas e Respostas

### Pergunta 1

*Como podemos garantir que a água seja usada de forma mais eficiente nas operações de mineração, especialmente em regiões com escassez hídrica?*

#### **Fernando Lins**

*Essa é uma questão central. A eficiência no uso da água começa com tecnologia. Sistemas fechados de recirculação de água já são uma realidade em muitas mineradoras, e precisamos expandir essas práticas para todo o setor. Além disso, tecnologias de tratamento de água, como osmose reversa e filtragem avançada, podem reduzir significativamente o consumo total. Outro ponto importante é o planejamento. Regiões com escassez hídrica exigem estratégias específicas, e essas devem ser definidas caso a caso.*

### Pergunta 2

*Quais foram os principais aprendizados da crise hídrica de São Paulo e como podemos evitar que situações semelhantes ocorram em outras regiões do Brasil?*

#### **Benedito Braga**

*A crise do Sistema Cantareira nos ensinou que não podemos depender de*

uma única fonte de água. Precisamos diversificar nossos mananciais e investir continuamente em infraestrutura hídrica resiliente. Além disso, a gestão integrada das águas entre municípios e estados é essencial para evitar conflitos e otimizar os recursos disponíveis. Campanhas educativas também têm um papel fundamental para engajar a população no uso consciente da água.

### **Pergunta 3**

*Como fortalecer os comitês de bacias hidrográficas para que eles sejam mais eficazes?*

#### **Patrícia Boson**

*Os comitês precisam de mais representatividade, especialmente das comunidades afetadas e do setor produtivo. Além disso, é fundamental garantir recursos financeiros e técnicos adequados. A capacitação dos membros desses comitês também é um ponto-chave, pois muitos deles enfrentam dificuldades operacionais por falta de conhecimento especializado. A integração entre diferentes níveis de gestão — municipal, estadual e federal — também é necessária para que as políticas públicas sejam efetivas.*

### **Pergunta 4**

*Como podemos equilibrar a demanda crescente por água com as necessidades de desenvolvimento econômico?*

#### **Fernando Lins**

*Esse equilíbrio é alcançado com planejamento e inovação. A água precisa ser tratada como um recurso estratégico, com políticas claras que priorizem seu uso sustentável. Setores como a agricultura, a indústria e a mineração devem adotar tecnologias mais eficientes e práticas que minimizem o desperdício. Além disso, precisamos investir na recuperação de mananciais degradados e na conservação das nascentes.*

### **Pergunta 5**

*Existe algum modelo internacional de gestão de recursos hídricos que poderia ser replicado no Brasil?*

#### **Patrícia Boson**

*Existem vários exemplos internacionais interessantes. Um deles é o modelo de governança das águas da Austrália, que conseguiu equilibrar o uso urbano, agrícola e industrial da água, mesmo em um ambiente extremamente árido. Outro exemplo é a gestão integrada dos recursos hídricos na União Europeia, que adota políticas transfronteiriças para otimizar o uso da água. Esses modelos poderiam ser adaptados à realidade brasileira, respeitando nossas particularidades regionais.*

## Desafios para o Brasil identificados no Seminário

- 1. Transferência de conhecimento entre a academia e setores de serviços e industrial** – é essencial fomentar meios efetivos para transformar resultados de pesquisa proveniente da academia ou do setor industrial em uma inovação, tecnológica e/ou social, viável.
- 2. Financiamento para *deep techs*** – facilitar às Startups de base científica acesso a recursos que permitam desenvolvimento de inovações, inclusive os de maturação longa e simplificar temporariamente exigências regulatórias complexas (*regulatory sand box*).
- 3. Valorização e continuidade da produção nacional de tecnologia** – criar formas de apoio contínuo à inovação nacional não mais permitindo casos emblemáticos de empresas nacionais que deixaram de existir (p.ex. Gurgel).
- 4. Formação moderna de engenheiros** – Eliminar lacunas curriculares e rigidez nos programas de ensino para acompanhar a velocidade das mudanças tecnológicas e sociais.
- 5. Fixação de talentos em IA e tecnologia** – fomentar incentivos, sejam salariais ou mesmo de bolsas de pesquisa, para que os profissionais altamente qualificados permaneçam no país e acelerem a inovação nacional.
- 6. Transição Energética** – planejar e implantar uma **Transição Energética que seja inclusiva, segura, eficiente e adaptada à realidade do nosso país.**
- 7. Planejamento Energético** – **deve viabilizar** a máxima integração eficaz e equilibrada de novas fontes de energia não emissoras de gases de efeito estufa, sejam elas variáveis (eólica, solar) ou constantes (nuclear), no sistema.
- 8. Saneamento – Fragmentação da governança e regulação** – eliminar a governança fragmentada entre municípios para permitir soluções regionais integradas e mais eficazes.
- 9. Saneamento – Integração entre sistemas de drenagem e esgoto** - rever as barreiras regulatórias, operacionais, culturais e de modelos de concessão para incluir a drenagem urbana integrando sistemas de drenagem pluvial e esgotamento sanitário.

- 10. Gestão integrada e fortalecimento da governança hídrica** – A necessidade de uma gestão articulada entre os diferentes níveis de governo e setores da sociedade civil foi destacada por todos os painelistas. Fortalecer os comitês de bacias hidrográficas e garantir financiamento, capacitação técnica e representatividade são pontos centrais para a governança eficaz da água. É essencial eliminar a distribuição desigual de água, independente de região.
  
- 11. Planejamento e ações adaptadas às realidades locais e aos desafios climáticos** – A gestão deve considerar as características específicas de cada bacia hidrográfica e região do país. Isso inclui planos integrados nas microbacias, práticas agrícolas sustentáveis, proteção das áreas de recarga dos aquíferos e preparação para eventos extremos relacionados às mudanças climáticas.

## Lista de Palestrantes/Painelistas e Coordenadores

- Albert Melo (UERJ/ANE)
- Alberto Paradisi (CPqD)
- Altino Ventura (ANE)
- Alvaro T. Prata (Embrapii/UFSC/ANE)
- Antonio Capeleiro (ANE)
- Benedito Braga (SABESP/ANE)
- Djalma Falcão (UFRJ/ANE)
- Durval Dourado Neto (ESALQ-USP)
- Edmundo A. de Souza e Silva (UFRJ/ANE)
- Edson H. Watanabe (UFRJ/ANE)
- Eduardo Serra (EP+PS/ANE)
- Fernando A. F. Lins (CETEM)
- Flávio Grynszpan (ANE)
- Giuliano Mendonça (Embraer)
- Gléverson Lemos (Embraer)
- Graça Foster (ANE)
- Jefferson de Oliveira Gomes (CNI)
- Jerson Kelman (ANE)
- José Marcos Brito (Inatel)
- J. Roberto Boisson de Marca (ANE)
- Júlio Alberto Dias (PSR)
- Luiz Bevilacqua (ANE)
- Luiz Carlos Guedes (Grupo TUPY/ANE)
- Luiz Firmino Pereira (FGV)
- Marcelo Gattass (PUC-Rio/ANE)
- Marcelo Prim (Embrapii)
- Maria Cristina M. Domingues (IPT)
- Marilene Ramos (Águas do Brasil)
- Miguel Fernández y Fernández (ANE)
- Nelson Martins (ANE)
- Patrícia Boson (AME)
- Paulo Canedo de Magalhães (UFRJ)
- Pietro Erber (INEE)
- Rafael Mesquita (CBMM)
- Richard M. Stephan (UFRJ/ANE)
- Rodrigo Juliani (Minerva Controls)
- Virginia Ciminelli (UFMG/ANE)



**ANE BRASIL**  
ACADEMIA  
NACIONAL DE  
ENGENHARIA



**Publicação realizada pela Academia Nacional de Engenharia (ANE)**

Com apoio da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ. Projeto aprovado no Edital de Apoio às Academias Sediadas no Estado do Rio de Janeiro – Processo SEI nº 260003/016305/2023

**ISBN: 978-65-988292-0-9**

---

**Todos os direitos reservados.**

É permitida a reprodução parcial desta obra para fins educacionais e não comerciais, desde que citada a fonte.

**Distribuição Gratuita**