



## RELATÓRIO DE WEBINAR

# Sustentabilidade, eficiência energética e surpresas estratégicas nas guerras do futuro

24 de setembro de 2024

## SOBRE O EVENTO

Webinar: [“Sustentabilidade, eficiência energética e surpresas estratégicas nas guerras do futuro”](#). Realizado no dia 24 de setembro de 2024. Disponível no canal do Centro Soberania e Clima no Youtube.

O evento faz parte do Ciclo de Webinars “Clima, Sustentabilidade e Defesa” e foi realizado com apoio do National Endowment for Democracy (NED).

## Currículos das participantes



**Fernanda Corrêa** possui pós-doutorado em Modelagem de Sistemas Complexos (USP), pós-doutorado em Ciências Militares (ECEME) e está realizando estágio pós-doutoral em Defesa QBRN (IME). É doutora em Ciência Política na área de concentração Estudos Estratégicos (UFF), diplomada no Curso de Altos Estudos em Política e Estratégia e no Curso Superior de Defesa (ESG), mestre em História Comparada com ênfase em Relações Internacionais, Segurança e Defesa Nacional/Pró-Defesa (UFRJ), especialista Lato Sensu em História Militar Brasileira (IGHMB/UNIRIO) e graduada em História (UGF). Foi assessora de planejamento estratégico na estatal AMAZUL e, atualmente, é coordenadora-geral na Secretaria de Produtos de Defesa (SEPROD) do Ministério da Defesa.



**Fernanda Delgado** é CEO da ABIHV, Associação Brasileira da Indústria do Hidrogênio Verde. É Professora de Pós-Graduação da FGV, da UFRJ e do Programa de Pós-Graduação da Escola de Comando e Estado-Maior do Exército. Doutora em Planejamento Energético e Mestre em Tecnologia da Informação e em Finanças Internacionais, Fernanda tem vários livros, capítulos e artigos publicados sobre o setor energético e Petropolítica.



**Amanda Duarte Gondim** é Professora de Química na UFRN e Coordenadora do Laboratório de Análise Ambiental, Processamento Primário e Biocombustíveis do NUPPRAR (LABPROBIO - NUPPRAR). Graduada, mestre e doutora em Química. Coordena a Rede Brasileira de Bioquerosene e Hidrocarbonetos Renováveis (RBQAV) e o Programa de Recursos Humanos da ANP (PRH-ANP-37.1), além de participar do Comitê Técnico Consultivo do Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis (ISI-ER). Atua como Perita do Ministério Público do Rio Grande do Norte - MPURN em Química

Ambiental e lidera projetos de pesquisa em Valorização de Resíduos de Petróleo, Produção de Biodiesel, Hidrocarbonetos Renováveis e Hidrogênio, com enfoque em Bioquerosene e Diesel Verde, e também em Qualidade de Água e Contaminação Ambiental.



**Renata Monteiro** é graduada em Engenharia Industrial Têxtil pela Faculdade SENAI CETIQT, possui MBA em Gestão Empresarial e de Finanças, além de um MBA em Gestão de Projetos. Atualmente, é pós graduanda no MBA em Política, Estratégia, Defesa Nacional e Segurança Pública. Com ampla experiência em fábricas têxteis e de confecção, atuou no desenvolvimento de produtos, programação de produção, implantação e melhoria de processos produtivos nas indústrias do vestuário. Atualmente, exerce a função de Especialista no Núcleo de Desenvolvimento de Projetos Estratégicos de Defesa e Segurança no SENAI CETIQT. Além disso, é Curadora da Rede de Institutos de Tecnologia Têxtil e Vestuário do Departamento Nacional do SENAI.



**Tamiris Santos** tem pós-doutorado e doutorado em Estudos Estratégicos Internacionais na UFRGS, ambos fruto de pesquisas em projetos financiados pela CAPES em conjunto com o Ministério da Defesa. Mestrado em Integração da América Latina na USP e Bacharelado em Relações Internacionais na Unibero. Pesquisadora associada no Projeto NETZMIL e na Universidade de Loughborough, tem publicações a respeito de gestão de defesa, operações militares conjuntas, interoperabilidade e inovação militar, atuando no Brasil como pesquisadora convidada no projeto Procad ASTROS e na Rede de Pesquisa sobre Estudos de Segurança e Defesa (REPESD), e no Reino Unido, na ‘Military Innovation Network’, rede de pesquisadores interinstitucional sediada no Centro de Ciência e Estudos de Segurança (CSSS) do King’s College London.

## Introdução

Este relatório tem por base o webinar intitulado “Sustentabilidade, eficiência energética e surpresas estratégicas nas guerras do futuro”, promovido no dia 24 de setembro de 2024 pelo Centro de Soberania e Clima. O evento foi mediado pela Dra Fernanda Corrêa, pesquisadora sênior do Centro, e contou com a presença de quatro especialistas nos temas eficiência energética e defesa, de diferentes áreas de atuação, para debater como tecnologias sustentáveis podem contribuir para o aumento de capacidades de defesa e gerar surpresas estratégicas na guerra do futuro.

Foram convidadas a Dra Fernanda Delgado, Diretora Executiva da Associação Brasileira da Indústria do Hidrogênio Verde (ABIHV); a Dra Tamiris Santos, pesquisadora associada da Universidade de Loughborough/NetZero Militaries Project; a especialista Renata Monteiro, engenheira têxtil do Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil (SENAI CETIQT); e a Dra Amanda Gondim, Coordenadora da Rede Brasileira de Bioquerosene e Hidrocarbonetos Sustentáveis para Aviação (RBQAV). Todas são pesquisadoras e profissionais altamente qualificadas e com experiência em projetos voltados para tecnologias sustentáveis, eficiência energética e capacidades de defesa.

O mundo atual vivencia os conflitos armados entre Rússia e Ucrânia e entre Israel e grupos terroristas árabes. São atores diferentes, envolvidos em cenários operacionais diferentes, em que são empregadas tecnologias diferentes. Em geral, as guerras acabam se tornando palco para testes e ensaios para novas tecnologias. O emprego de diversas tecnologias emergentes e disruptivas tem sido observado atentamente por diversos atores globais, em especial, governos, Forças Armadas e indústrias de defesa. Estes atores, em especial, acompanham estes conflitos armados aguardando o surgimento de surpresas estratégicas. De acordo com o pesquisador francês Corentin Brustlein, “as surpresas estratégicas ocorrem através da incapacidade de prever, e muito menos de antecipar, uma ameaça externa aguda e imediata aos interesses nacionais vitais<sup>1</sup>”. Nesse sentido, o emprego de novas tecnologias pode surpreender os inimigos em cenários operacionais de guerras e conflitos armados, comprometendo a soberania de seus Estados. Pode, ainda, gerar efeito dissuasório que interrompa o curso de batalhas e o curso da própria guerra, tal como ocorreu com o lançamento das bombas nucleares sobre cidades japonesas durante a Segunda Guerra Mundial, em 1945.

No planejamento estratégico das guerras modernas, eram as hipóteses de conflito que determinavam quais tecnologias deveriam ser desenvolvidas para gerar os efeitos que os decisores desejassem no curso da guerra. Já nas guerras atuais, são os estudos de cenários que definem quais as tecnologias que devem ser perseguidas para gerar os efeitos desejados. Os estudos sobre guerra do futuro se pautam em estudos científicos e no emprego de diversas ferramentas e métodos de antevisão, monitoramento, visão, mapeamento, cenários e análises tecnológicas orientadas para o futuro. Estes estudos têm por objetivo criar, explorar e testar, sistematicamente, alternativas de futuros e efeitos de eventuais tomadas de decisões estratégicas.

Resgatando um pouco das raízes históricas desse processo no Brasil, em 1906 o Congresso Nacional aprovou, no âmbito do programa de construção naval, a aquisição de três encouraçados de aço, os quais transformaram a Marinha do Brasil, em 1910, na 3ª maior Marinha do mundo em tonelagem. Com a chegada da Primeira Guerra Mundial e seus primeiros navios movidos a diesel, rapidamente, a Marinha do Brasil deixaria o posto de 3ª maior do mundo em termos de tonelagem para uma das marinhas mais obsoletas. Isso porque, no planejamento das aquisições de meios do programa de construção naval, os planejadores não consideraram que o diesel poderia ser uma surpresa estratégica no curso da guerra e optaram em encomendar os três encouraçados de aço movidos a vapor. Analogamente, os atuais estudos prospectivos apontam que as tecnologias verdes tendem a ser consideradas surpresas estratégicas, e as Forças Armadas que não incorporarem tecnologias sustentáveis em seus planejamentos estratégicos, seja no desenvolvimento, seja na aquisição, poderão, assim como o exemplo citado, rapidamente ser dissuadidas e se tornarem obsoletas.

É neste contexto de surpresas estratégicas que as convidadas debatem as tecnologias verdes com aplicações militares, tais como: hidrogênio verde, células fotovoltaicas, energia solar, combustíveis sustentáveis de aviação (SAF, na sigla em inglês), combustíveis sustentáveis marítimos, diesel verde, combustíveis sintéticos, sistemas de armazenamento de energia e eletrificação, reatores nucleares, insumos e minerais críticos.

---

1. Macedo, P. (2015) Teoria da Surpresa? Contributo para um Debate. ResPublica 15/2015. Disponível em: <https://recil.ensinulusofona.pt/bitstream/10437/9592/1/Teoria%20da%20Surpresa.pdf> (Acesso: 13 ago. 2024).

## RELATÓRIO DE WEBINAR

# Sustentabilidade, eficiência energética e surpresas estratégicas nas guerras do futuro

24 de Setembro de 2024

## 1. Detalhamento das Discussões

Houve duas rodadas de perguntas e respostas para cada uma das convidadas, nas quais todas tiveram oportunidades de detalhar seus temas e suas respectivas áreas de atuação, destacando possíveis aplicações tecnológicas no setor de Defesa.

### 1.1. Primeira rodada de perguntas

A primeira pergunta, endereçada à Fernanda Delgado, abordou a demanda atual de hidrogênio para o setor de transporte e a expectativa da indústria de hidrogênio verde para o futuro. Em sua resposta, ela explica que, em função da necessidade de estabilizar a temperatura do planeta Terra e do compromisso internacional firmado no Acordo de Paris, diversos países estão imbuídos da missão de cumprir as metas de descarbonizar. Atualmente, ainda que existam opiniões contrárias à plausibilidade de os países cumprirem as metas de descarbonização, existe um conjunto de diversas alternativas tecnológicas para estabilizar a temperatura da Terra. De acordo com Fernanda Delgado, o hidrogênio verde se insere neste contexto como uma dessas muitas alternativas tecnológicas.

O Brasil reúne condições de protagonizar no processo de descarbonização e da transição energética global com o hidrogênio verde porque possui 90% da sua energia elétrica renovável, oriundo de insumos baseados em células fotovoltaicas e em fontes eólica e hidráulica. Além disso, o Brasil também se beneficia da geopolítica favorável e da histórica ausência de conflitos em seu entorno estratégico. Neste sentido, o hidrogênio verde brasileiro, como alternativa tecnológica, não está voltado exclusivamente para atender à matriz energética, mas sim para trazer para baixo o conteúdo de carbono de processos produtivos, que vão precisar emitir menos gases de efeito estufa na atmosfera do planeta. Fernanda Delgado cita como exemplo de emprego de hidrogênio verde a produção do aço na indústria siderúrgica, que poderá ser fabricado com menor conteúdo de carbono, e a agricultura, que deverá produzir plantios com menor emissão de gases de efeito estufa. O hidrogênio verde, ao ser impositivo na produção industrial de insumos oriundos de fontes limpas, combinado com a eletrificação, a produção de biocombustíveis e medidas de eficiência energética, adequa o Brasil na nova configuração do sistema econômico global.

O hidrogênio verde não é uma pauta primária de exportação, uma *commodity* comum. A sofisticação da molécula de hidrogênio, de alto valor tecnológico agregado, e a sua complexidade industrial exigem investimentos massivos em plantas de hidrogênio verde na casa de 200 bilhões de dólares. Como resultados desses investimentos, Fernanda Delgado calcula cerca de 70 bilhões de reais de

superávit até 2030, 200 mil empregos na região do Nordeste (área que maior concentra estes tipos de plantas) e a capacidade de um enorme arrasto tecnológico para o País.

Fernanda Delgado remonta ao período de meados do século XX, em que o presidente americano John Kennedy (1917–1963) foi até o congresso dos EUA para pedir recursos extraordinários para levar o homem à lua e trazê-lo de volta à Terra em segurança. John Kennedy argumentou que o arrasto tecnológico deste empreendimento extraordinário traria benefícios para a indústria aeroespacial e para a economia estadunidense. Até hoje, a Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA, na sigla em inglês) acumula mais de duas mil patentes relacionadas a este empreendimento, que vão desde tecidos antichama até vacinas.

Em analogia ao processo histórico de investimentos que estamos vivenciando em meio à transição energética, Fernanda Delgado destaca que o investimento na indústria de hidrogênio verde pode ser equiparado ao investimento estadunidense de ter levado o homem à lua, à medida em que é possível calcular o impacto que o investimento na indústria do hidrogênio verde trará ao Produto Interno Bruto (PIB), na receita, nos tributos e na geração de empregos no Brasil. O arrasto tecnológico deste investimento também permitirá impactos positivos em termos sociais, na educação e em termos tecnológicos.

No Brasil, acredita-se que as primeiras demandas para o uso do hidrogênio verde no País comecem, de fato, com a indústria de fertilizantes ou com as indústrias de base, como a de cimento. Há, inclusive, iniciativas governamentais para retomar a produção de fertilizantes no Brasil a partir do hidrogênio verde. O emprego do hidrogênio verde no setor de transporte no Brasil tende a ser secundário. Comparativamente ao que acontece na Europa, em que já existem postos de abastecimento de veículos movidos à hidrogênio, no Brasil ainda não existe esta demanda. Fernanda Delgado argumenta que os estudos sobre a demanda do mercado e o emprego de hidrogênio verde no setor de transporte no Brasil serão mais lentos.

A segunda pergunta, endereçada à Renata Monteiro, foi sobre as novas aplicações de baterias elétricas para o setor de Defesa com foco especial no desempenho operacional de combatentes. Renata inicia sua explanação apontando que o setor têxtil de confecção é o segundo maior empregador da indústria de transformação do Brasil, perdendo apenas para o setor de bebidas e alimentos. Utilizando dados da Confederação Nacional da Indústria (CNI), cita que a indústria de defesa participa de 3,5 à 5% do PIB nacional. De acordo com ela, o SENAI CETIQT atua bastante no desenvolvimento de tecnologias para fardamentos militares. De fato, a indústria é altamente poluente, utiliza muita água em seus processos de fabricação para o beneficiamento de tecidos e não há descarte correto desta água poluída. A indústria têxtil utiliza, ainda hoje, combustíveis fósseis em praticamente todo o seu processo de beneficiamento e de consumo. Renata frisa que, inclusive no pós-consumo, há processos poluentes à medida que não há regras que definem o que fazer com fardamentos militares que estão desuso, por exemplo.

O segmento industrial de fardamento militar representa cerca de um milhão e trezentos mil usuários. Nesta nova conjuntura que demanda por descarbonização e maior sustentabilidade, o SENAI CETIQT tem buscado trabalhar no pós-consumo, pensando no ciclo de vida do fardamento militar desde sua concepção até o seu desuso e reutilização. Visando superar a lacuna existente entre o desenvolvimento tecnológico e a produção têxtil mais sustentável de fardamentos militares, o SENAI CETIQT também tem focado na logística reversa e desenvolvido projetos tecnológicos em parceria com empresas. Como exemplo, Renata citou alguns projetos conduzidos no SENAI CETIQT voltados ao aprimoramento do sistema de troca de calor e ao design mais ecológico e circular: o projeto de tecido com autorregulação térmica desenvolvido em parceria com a empresa LUPU, o projeto de tecido com sensores biométricos integrados que evita ou minimiza o impacto sobre o corpo do combatente, e o projeto de tecidos camuflados ativos, que molda o uniforme do combatente de acordo com o ambiente em que ele se encontra.

Em resposta específica a uma pergunta sobre novas aplicações de baterias em uniformes militares, Renata aborda projetos de fardamento inteligente que combine a necessidade de reduzir o peso suportado por combatentes com tecidos que também sejam capazes de gerar dados e informações. Segundo ela, alguns estudos que estão sendo realizados em universidades estadunidenses focam

em materiais como grafeno e fibras conjugadas de cobre. O SENAI CETIQT tem realizado estudos neste sentido utilizando grafeno, que é extremamente condutor, agregando nanotecnologia e microeletrônica, e reduzindo 20% ou mais de peso dentro de coletes de militares e policiais. Ao agregar microeletrônica ao fio do tecido, o SENAI CETIQT tem demonstrado ser possível gerar energia dentro do fardamento, em apoio a processos táticos decisórios do militar, e reduzir o peso da carga transportada por combatentes, evitando ou minimizando os danos de lesões musculoesqueléticas sobre o corpo de combatentes.

Dando continuidade ao debate, Tamiris Santos teve como foco, na primeira rodada de perguntas, a visão estratégica da Defesa do Reino Unido sobre a relação entre eficiência energética e as capacidades de Defesa. Com base em sua experiência acadêmica, também comentou como ela tem analisado a integração de sistemas operacionais de defesa, utilizando ou testando tecnologias verdes, como Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAF, na sigla em inglês), combustíveis marítimos, baterias elétricas e/ou pequenos reatores nucleares.

A partir do momento em que se tornou signatário do Acordo de Paris, o esforço por maior descarbonização se tornou lei no Reino Unido, afetando também o setor de Defesa. Desde um pronunciamento do ex-Secretário Geral da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), Jens Stoltenberg, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP26), em Glasgow, há um entendimento na Organização de que a Defesa não precisa mais escolher entre ser verde ou ser eficiente e robusta; a OTAN pode ser verde, eficiente e robusta ao mesmo tempo.

Em função de o mundo estar se encaminhando, inevitavelmente, para sofrer cada vez mais os efeitos das mudanças climáticas e do aquecimento global, a Defesa do Reino Unido assumiu o compromisso de contribuir para que o governo chegue ao máximo que puder na descarbonização. Tamiris menciona que há o entendimento no governo inglês sobre a possibilidade de que a indústria não consiga se descarbonizar totalmente. De qualquer forma, as Forças Armadas inglesas estipularam metas em suas estratégias militares, no longo prazo, para induzir ou desenvolver projetos de tecnologias verdes que se encontrem agora no estado da arte e *offsets* para as operações e mobilidades de bases militares.

Tamiris explica que há uma distribuição de segmentos tecnológicos bem clara no Reino Unido. A Força Aérea é a responsável pela produção do SAF e de combustíveis sintéticos, o Exército ficou com a responsabilidade da hibridização e eletrificação de veículos e a Marinha ficou responsável por acompanhar estudos científicos em estágios embrionários, envolvendo, por exemplo, amônia, metanol, algas, entre outros. Neste sentido, a visão estratégica do setor de Defesa do Reino Unido em relação à manutenção da efetividade e da transformação da capacidade de Defesa é de que, se houver, neste momento, o desenvolvimento e o financiamento adequado em tecnologias verdes, será possível desenvolver a autonomia energética que tanto se espera das operações militares.

Segundo ela, a virada de chave da Alemanha em relação a menor dependência do gás russo foi o contexto do conflito armado entre a Rússia e a Ucrânia, em que a Alemanha investiu maciçamente na eletrificação. A transição energética impulsionada pelos efeitos das mudanças climáticas deu maior adesão da opinião pública ao discurso em prol das tecnologias verdes como vantajosa, inclusive, para operações militares. A guerra do futuro exigirá que as Forças Armadas sejam resilientes e que sejam capazes de combater em um mundo cujas condições de operações serão diferentes tanto em termos climáticos quanto em termos de ameaças. A Força que conseguir ter um maior domínio das tecnologias verdes terá maior vantagem operacional na guerra do futuro.

A quarta pergunta da primeira rodada foi endereçada à Amanda Gondim sobre as tecnologias sustentáveis para a aviação. Embora as guerras sejam horrendas sob qualquer ponto de vista, é de conhecimento público que, em períodos de guerra, surge a necessidade de desenvolver algumas tecnologias para que as Forças Armadas consigam cumprir seus objetivos mais estratégicos em ambientes operacionais hostis com eficiência e em tempo hábil. Nestes novos tempos do século XXI, dentre essas novas tecnologias, estão as energias renováveis, que podem gerar uma eficiência energética que dê um ganho operacional à Defesa. Como exemplo dessas tecnologias, Amanda citou o carro elétrico que, associado à combustão, utiliza uma bateria alimentada pela frenagem e pelo movimento do próprio carro. A bateria elétrica permite que o carro armazene energia, facilita

a partida, economiza combustível, e dá ganho de eficiência de quilometragem, melhorando a eficiência de um motor a combustão e gerando menos gases de efeito estufa na atmosfera.

Os estudos acadêmicos de Amanda se concentram nestes novos combustíveis, considerados combustíveis do futuro, os quais buscam manter características idênticas aos combustíveis fósseis, mas que sejam oriundos de um carbono mais renovável e sustentável. Dentro desse esforço, há a energia sem emissão de carbono, oriunda de biomassas e com matérias-primas circulares e produzidas com rapidez, e a energia com baixa emissão de carbono, vinda de matérias-primas oriundas de lixo, de plástico, etc. Estes últimos, apesar de terem origem em combustíveis fósseis, possuem uma característica circular e de sustentabilidade que os torna sustentáveis apesar de não serem 100% limpos. Ao reutilizar produtos oriundos de combustíveis fósseis e assumindo o compromisso com este reuso, as indústrias também se tornam mais sustentáveis.

Diante disso, os desafios são ainda maiores quando nos referimos à aviação e aos navios à medida que estes veículos são mais difíceis de serem eletrificados, exatamente por demandarem combustíveis que tenham alta densidade energética. Há estudos científicos apontando o uso de hidrogênio não como combustível, mas sim para melhorar o rendimento do combustível atual, aumentando a eficiência energética do veículo. Segundo Amanda, há um ganho estratégico para a Defesa em um estudo como esse, em especial, se conseguir produzir este tipo de combustível em lugares distantes.

Amanda citou como exemplo diferenciado e disruptivo a possibilidade de desenvolver e de empregar microrreatores nucleares para gerar energia no interior da região amazônica, descentralizando a produção de energia no País. Essa é uma tendência que já está acontecendo, em que se aproveita o que cada região tem de melhor, de acordo com as necessidades que se colocam. No caso do desenvolvimento de microrreatores nucleares, ao invés de escalonar a demanda de energia em grandes reatores nucleares, escala-se por vários pequenos reatores nucleares, nos quais o catalisador se dá por meio de lâminas. O processo, portanto, passa à combustão contínua ali, multiplicando o processo pelo número de reatores nucleares em áreas remotas.

Historicamente, foram iniciados diversos debates nacionalmente para unificar as fontes de energia. Entretanto, o que as pesquisas têm apontado é que é melhor para o Brasil que cada região aproveite a energia produzida localmente. Ao descentralizar a produção nacional de energia de acordo com a capacidade de produção local dos estados, há uma tendência de haver maior ganho de energia para todos. A região nordeste, por exemplo, pode se beneficiar da quantidade de energia solar e energia eólica, e a região sul do Brasil pode se beneficiar da quantidade de energia oriunda de biomassas. Há espaço para todas as fontes energéticas no Brasil.

## 1.2. Segunda rodada de perguntas

Fernanda Delgado deu início à segunda rodada de perguntas, respondendo a uma pergunta sobre as expectativas da expansão dos parques de hidrogênio verde em território nacional e a capacidade de o Brasil liderar o processo de transição energética, considerando que o Brasil possui uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo. Fazendo alusão ao que Amanda Gondim relatou sobre a capacidade ociosa de geração de energia eólica e solar na região do Nordeste, Fernanda Delgado destacou que 83% da capacidade nacional de geração de energia eólica tem origem no estado do Rio Grande do Norte, com plena capacidade de expansão tanto *onshore* quanto *offshore*. O estado da Bahia também tem enorme capacidade de expansão da produção de energia *offshore*.

Atualmente, o Brasil só tem produção de hidrogênio verde no País em escala não comercial por meio de projetos de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D). Historicamente, o hidrogênio sempre existiu na Natureza. Todo petróleo que é vendido no País é refinado utilizando hidrogênio. Logo, existe hidrogênio produzido a partir de gás natural. No entanto, o foco do novo negócio é produzir hidrogênio a partir de energia renovável, para que se cumpram as metas de descarbonização. Para

isso, é necessário que se abandone a matriz industrial calcada nos combustíveis fósseis em direção a nova ordem econômica mundial verde.

Fernanda Delgado reforça que é preciso pivotar esse modelo industrial em direção de um *net zero* até 2050. Hoje, na Europa, a descarbonização é um objetivo mandatário em empresas e governos. No Brasil, em algum momento, a descarbonização também se tornará mandatária. Quando se fala em hidrogênio verde no Brasil, se refere aos projetos de plantas empresariais para produzir hidrogênio verde, metanol e amônia. Em escala comercial, não existe planta empresarial no Brasil. As entidades brasileiras envolvidas com o hidrogênio verde aguardavam a aprovação de projetos de lei e do arcabouço regulatório. A Lei nº 14.948, sancionada pelo presidente Luís Inácio Lula da Silva no dia 02 de agosto de 2024, instituiu o marco legal do hidrogênio de baixa emissão de carbono.

Fernanda Delgado também menciona a Lei nº 14.990, sancionada em 27 de setembro de 2024 - três dias após o webinar - que instituiu o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC). Esta lei prevê 18 bilhões de reais de créditos fiscais, distribuídos em cinco anos, de 2028 à 2032, para incentivar os primeiros entrantes nesse mercado. O objetivo dessa lei é exatamente reduzir o *gap* existente entre o hidrogênio cinza e o hidrogênio verde, pagando o tributo verde para o mercado a fim de que o comprador tome a decisão na direção do verde. É o que acontece na Europa, mas no Brasil ainda não tem estes *hubs* consolidados.

De acordo com o programa de hidrogênio verde do Ministério de Minas e Energia, existem três metas a serem atingidas: 1) ter três grandes projetos de hidrogênio iniciados até 2028; 2) ter dois grandes *hubs* de hidrogênio até 2030; e 3) ter produção em escala comercial no Brasil a partir de 2032, atendendo demanda nacional e demanda internacional. Hoje, se consome 500 milhões de toneladas no Brasil de hidrogênio cinza, cujos 300 milhões de toneladas são para o refino do petróleo no processo de sulfurização. O hidrogênio cinza é gerado a partir de hidrocarbonetos. Fernanda explica que a ideia é que se faça a transição, paulatinamente, do cinza para o verde no âmbito da pauta nacional de descarbonização.

O uso do recurso público, que são estes incentivos aprovados em lei, vão ao encontro do cumprimento das metas estabelecidas no Acordo de Paris, do qual o Brasil faz parte. É importante que o aço brasileiro, por exemplo, ao ser exportado, cumpra as metas de baixo teor de carbono para adentrar no mercado europeu, em especial, a partir do *Carbon Border Adjustment Mechanism*. Este mecanismo é um passaporte de emissões de carbono que o aço brasileiro, quando importado pela Europa, deverá pagar. Obviamente, isso encarece o custo de produção e o custo tecnológico. Os primeiros entrantes neste mercado pagarão um custo mais alto; no entanto, na medida em que estes entrantes ganhem mais velocidade, escopo e escala, o custo será reduzido.

Endossando a resposta da Tamiris, Fernanda Delgado destaca que a outra aposta é o mercado de carbono. A funcionalidade principal do mercado de carbono é precificar a externalidade negativa do combustível fóssil. Não existe um prêmio verde para os entrantes neste mercado de carbono. É o combustível fóssil que não paga pelas suas externalidades negativas. Então, a partir do momento em que combustível fóssil deixar de ter subsídios e pagar pelas suas externalidades negativas, tais como a emissão de gases de efeito estufa e a emissão de particulados, o combustível verde passa a não ser visto como um prêmio. À título de exemplificação, o combustível fóssil recebe anualmente 100 bilhões de reais de subsídios do governo brasileiro.

Por fim, Fernanda Delgado considera muito válida a iniciativa de trazer a sociedade para este debate, ao passo que catástrofes como a que ocorreu em 2024 no estado do Rio Grande do Sul, quedas nas linhas de transmissão de energia provocadas por tempestades, oscilações climáticas e queimadas avassaladoras passam a ser problemas do cidadão comum. Em sua visão, sendo um problema do cidadão comum, esse mesmo cidadão precisa exercer pressão política de baixo para cima sobre seus políticos para que apresentem soluções para lidar com as mudanças climáticas. Logo, trazer a sociedade para o espaço de debate é muito importante, seja na esfera civil, na esfera militar, na academia, na indústria, ou dentro de casa.

Amanda Gondim discorre, na segunda rodada de perguntas, sobre o uso de SAF em aviões comerciais no espaço aéreo brasileiro ou sul-americano e sobre a criticidade de materiais para a

produção de SAF. Em sua resposta, Amanda informou que o maior gargalo na produção de SAF é o valor da biomassa e é por este motivo que este combustível ainda é duas ou três vezes mais caro que o combustível fóssil. Não há nada crítico nos materiais utilizados na produção de biomassas, pois os metais utilizados como catalisadores são níquel, molibdênio, paládio e platina. Então, aparentemente, nada muito raro, embora alguns sejam mais caros que outros.

Quanto ao uso do SAF na aviação comercial, ainda não tem aviões na América do Sul voando com SAF, embora no espaço aéreo dos EUA e da Europa já tenham aviões voando com SAF. Voos em São Francisco, no Estados Unidos, voam com 30% de SAF. Na Noruega, todo avião já voa, obrigatoriamente, com 2% de SAF. O Brasil tem enorme potencial para ser um grande produtor de SAF; no entanto, o investimento de CAPEX (sigla em inglês para Investimentos em Bens de Capitais) é bastante alto, algo em torno de um milhão de dólares em SAF. O nível de desenvolvimento que temos hoje é resultado da busca de incentivos de políticas públicas no mercado nacional para induzir a produção de SAF no Brasil. À medida que resolvermos todas estas equações e começarmos a produzir SAF em escala comercial, o Brasil poderá exportar e se tornar um grande produtor de SAF. De fato, o empresário precisa de segurança para poder investir numa grande refinaria. Contudo, há um esforço grande de diversas entidades para tornar realidade, em tempo hábil, a liderança brasileira na produção de SAF.

Um ouvinte online fez a seguinte pergunta ao vivo às palestrantes: “De que maneira a centralização logística das Forças Armadas pode contribuir para a sustentabilidade e eficiência energética das operações militares, em cenários de guerra futura e respostas rápidas?”. Fernanda Corrêa endereçou a pergunta para que Tamiris a respondesse. Para responder essa pergunta, Tamiris retomou um dos pontos que Amanda Gondim trouxe em sua fala sobre a necessidade da descentralização do uso de energia num contexto de transição energética. Para Tamiris, o que se percebe é que isso deveria ser acompanhado, de uma certa maneira, pela logística das operações militares, o que torna o problema bastante desafiador.

Tamiris argumenta que a maior dificuldade está na mobilidade das operações e não tanto das bases militares, por exemplo. O importante é que as demandas por sustentabilidade e eficiência energética nos meios militares sejam sinalizadas de cima para baixo, e de maneira muito clara, para dar suporte à parte operacional. As vantagens operacionais do uso de tecnologias verdes é mais clara para os planejadores e decisores do que para as tropas que estão na linha de frente da guerra. É importante que tropas, planejadores e decisores estejam na mesma sintonia sobre as vantagens do emprego de tecnologias verdes em ambientes operacionais.

Em termos energéticos, o que Tamiris presencia no Reino Unido é que não vai existir uma solução única. A cadeia logística militar terá várias soluções energéticas possíveis e terá que lidar com todas, de acordo com os ambientes operacionais. Então, ao mesmo tempo que isso pode trazer uma autonomia energética, dependendo das tecnologias empregadas, como pequenos reatores nucleares modulares e microrreatores, as Forças Armadas terão que lidar também com outros tipos de vulnerabilidades, dependendo do teatro operacional que estas tecnologias forem empregadas. Isso tudo impacta na cadeia logística militar. Então, não tem mais como a Defesa e as Forças Armadas fugirem deste tipo de discussão. Tamiris acredita que o principal gargalo na guerra do futuro é como transferir estes cenários e essas visões estratégicas que todas as palestrantes discutiram, para as tropas operacionais que estão na linha de frente de conflitos armados e guerras.

Por último, Fernanda Corrêa perguntou à Renata Monteiro de que maneira as tecnologias sustentáveis podem aprimorar a comunicação militar e a redução de carga de combatentes. Em resposta, Renata explicou que no SENAI CETIQT se trabalha com alternativas, embarcando tecnologias já existentes, como um sensoriamento dentro de uma modelagem de um uniforme; ou se produz um tecido com uma nova tecnologia, como uma aplicação nano de alguma funcionalidade que se queira agregar em algum fardamento. E aí é que se encontra o maior desafio.

Renata se identificou bastante quando Tamiris citou as dificuldades de trazer as vantagens das tecnologias verdes para a tropa; porque o grande desafio para a fábrica é trazer todas essas ideias de iniciativas, transformar e viabilizar tudo isso para o chão de fábrica e para o operacional. Renata relatou que, em visita ao Instituto SENAI de Inovação de Microeletrônica, em Manaus, no

estado do Amazonas, vislumbrou a possibilidade de embarcar microchips para comunicação no fardamento militar, criando linhas de ondas em uma certa frequência para que o militar em uma operação se comunique com o outro de forma segura. Segundo Renata, o desafio é, a partir deste vislumbre de oportunidades, transformá-lo em produto dual. É de conhecimento público que muitas tecnologias nascem no meio militar. Finalizando a sua participação, Renata relata que existe uma preocupação muito grande durante o processo de produção, mas que o SENAI CETIQT também está preocupado com o pós-consumo.

## 2. Oportunidades

Todas as convidadas relatam a importância deste webinar em trazer a sociedade para o debate, tendo em vista que as mudanças climáticas impactam diretamente na vida cotidiana da população. O Brasil tem um histórico de não envolvimento direto em guerras em mais de cem anos, o que lhe conferiu neste período um bom relacionamento diplomático e comercial com países vizinhos. O Brasil é um dos poucos países no mundo abundante em terras cultiváveis, água potável, múltiplas fontes de energia, em alimentos e em minerais estratégicos e críticos. Características que o tornam alvo de cobiças em cenários operacionais em que, no futuro, possa haver uma disputa por recursos estratégicos.

Os estudos científicos apontam como o futuro é incerto e como as Forças Armadas devem se preparar e se capacitar para atuar em diversos cenários. Constitucionalmente, as três Forças Armadas, sob a autoridade suprema do Presidente da República, destinam-se à defesa da Pátria, à garantia dos poderes constitucionais e, por iniciativa de qualquer destes, da lei e da ordem. Embora seja um país pacífico em suas relações com outros Estados, periodicamente, a sociedade brasileira sofre com catástrofes e desastres naturais, provocados por queimadas, enchentes, secas, apagões elétricos, etc.

Em caráter complementar à Constituição Federal de 1988, existe um conjunto de leis e normas que legitimam a realização de ações subsidiárias das Forças Armadas em prol do desenvolvimento nacional e da Defesa Civil. São estas as bases legais que legitimam e justificam o emprego das Forças Armadas e de seus militares em buscas e resgates, atendimentos médico-odontológicos, evacuações aeromédicas, fornecimento de água, transporte de donativos, remoção de entulhos, transporte de famílias, logística de alimentos e medicamentos etc, em operações conjuntas coordenadas pelo Ministério da Defesa. Nestas operações conjuntas, os militares das três Forças Armadas empregam viaturas leves e blindadas, viaturas especializadas e equipamentos de engenharia, embarcações, aeronaves, barracas, cisternas, entre outros.

São em operações de Garantia da Lei e da Ordem (GLO) e em operações conjuntas em prol do desenvolvimento nacional e da Defesa Civil que as atribuições das Forças Armadas têm maior visibilidade na sociedade. Entre o final de abril e início de maio de 2024, o estado do Rio Grande do Sul foi gravemente afetado com inundações provocadas pela intensificação do fenômeno *El Niño*. Já existiam estudos da comunidade científica local alertando as autoridades políticas locais e nacionais sobre as possibilidades deste desastre natural ocorrer como consequência da intensificação de fenômenos causados pelas mudanças climáticas. Sob coordenação do MD, militares oriundos das três Forças Armadas participaram de diversas missões em todo o estado do Rio Grande do Sul.

É nesta conjuntura de crise que surgem oportunidades para que a sociedade brasileira cobre de seus políticos a aprovação de maiores investimentos para o desenvolvimento tecnológico tanto das forças de segurança pública e da Defesa Civil, quanto das Forças Armadas. Afinal, são estas forças que empregarão os meios tecnológicos necessários e proverão capacidade logística e de mobilidade para minimizar os danos provocados pelos fenômenos climáticos.

Nesta conjuntura, também surgem oportunidades para que associações industriais, como a ABIHV, contribuam para o desenvolvimento de condições necessárias para a produção de hidrogênio verde e seus derivados de forma competitiva no Brasil. É imperativo que elas influenciem na formulação

de políticas públicas voltadas para este setor produtivo e incentivem cada vez mais a inserção do hidrogênio verde na matriz energética brasileira.

Paralelamente, também surgem oportunidades para que redes e associações acadêmicas, como a RBQAV, promovam cada vez mais interações entre diversos *stakeholders*, tais como pesquisadores de instituições de ensino e pesquisa civis e militares, militares, profissionais de empresas do ramo de aviação e combustíveis, indústria de biocombustíveis, representantes de entidades, profissionais liberais e governo, envolvidos em estudos científicos, no desenvolvimento tecnológico, na produção e no uso de combustíveis sustentáveis para aviação.

Há também oportunidades para que as instituições científicas, tecnológicas e de inovação (ICT) civis e militares se engajem mais em pesquisas científicas, semelhantes ao *NetZero Militaries Project*<sup>2</sup>, <sup>2</sup>avalie as necessidades e o impacto que as tecnologias sustentáveis terão nas operações militares. Estudos de cenários preveem escassez de insumos, em especial, de minerais críticos, dificuldades de acesso a materiais e a mercados verdes, volatilidade de preços de combustíveis, escassez de recursos humanos qualificados, etc. Tudo isso terá profundo impacto na logística de meios das operações militares nas guerras do futuro. Projetos acadêmicos têm potencial para orientar futuras decisões sobre políticas públicas, normatizações e doutrinas de emprego militar.

São as ICT que desenvolvem projetos tecnológicos, como os institutos tecnológicos de universidades, e centros tecnológicos, como o SENAI CETIQT e o SENAI de Microeletrônica, que deverão ser os mais demandados para gerar inovações verdes que atendam demandas duais em cenários operacionais. Inovações como os fardamentos inteligentes citados no webinar, aumentam a eficiência, a resiliência e a furtividade do combatente, o que transformará as guerras do futuro.

No entanto, estas demandas por inovações verdes só terão maior visibilidade da sociedade em cenários operacionais de catástrofes e desastres naturais, por serem justamente cenários que envolvem emprego dual dessas tecnologias. Embarcações mais rápidas e furtivas, por exemplo, que consigam realizar um regaste em meio a destroços e entulhos ou transportar alimentos, água potável, medicamentos e donativos em regiões remotas e de difícil acesso têm muito mais apelo político-social que exercícios e manobras operacionais das Forças Armadas para preparo e adestramento de tropas, embora ambas as operações sejam de extrema relevância. A dualidade nestas demandas militares por inovações tecnológicas é tão importante quanto a sustentabilidade e a eficiência energética. É crucial que o setor de Defesa esteja atento a estes requisitos ao justificar a necessidade de maiores investimentos financeiros nas Forças Armadas.

### 3. Considerações Finais

As quatro palestrantes estavam em total harmonia e sinergia umas com as outras em suas participações. Além de apresentar seus temas com qualidade de conteúdo e excelência em suas análises, reforçaram a importância de o Centro Soberania e Clima ter trazido este tema para o debate. Cenários de conflitos armados, de guerras e de desastres naturais não são o que a sociedade brasileira espera; mas, independentemente de sua vontade, é preciso que as Forças Armadas estejam preparadas e capacitadas para atuar neles. As mudanças climáticas são irreversíveis, mas os danos provocados por elas podem ser minimizados à medida que a sociedade estiver conscientizada e as forças de segurança, de Defesa Civil e as Forças Armadas plenamente preparadas e capacitadas para dar pronta resposta a estes desafios.

---

<sup>2</sup> Projeto liderado pelo Departamento de Relações Internacionais, Política e História da Universidade de Loughborough (Reino Unido), que visa avaliar o impacto real e potencial das ambições do governo do Reino Unido em zerar as emissões de gases de efeito estufa nas operações militares.

## **FICHA INSTITUCIONAL**

### **Diretor Presidente**

Raul Jungmann

### **Conselho de Administração**

Sergio Etchegoyen (Presidente)

Marcelo Furtado

Raul Jungmann

### **Diretora Executiva**

Mariana Nascimento Plum

### **Diretor Administrativo Financeiro**

Newton Raulino

### **Núcleo de Projetos e Pesquisa**

Bruna Ferreira

Mila Campbell

### **Coordenadora de Comunicação**

Valéria Amorim

### **Núcleo de Inteligência e Informação**

Antônio Augusto Muniz

### **Núcleo Técnico**

José Hugo Volkmer

### **Núcleo Jurídico**

Gabriel Sampaio

### **Assistente Administrativo Financeiro**

Leandra Barra

### **Autoria**

Fernanda Corrêa

### **Revisão**

Mila Campbell

Camila Rizzi

### **Projeto Gráfico**

Pedro Bopp

### **Diagramação**

Valéria Amorim

---

## **APOIO:**



NATIONAL  
ENDOWMENT  
FOR  
DEMOCRACY

SUPPORTING FREEDOM AROUND THE WORLD

---

## **Relatório de Webinar**

Sustentabilidade, eficiência energética e surpresas estratégicas nas guerras do futuro

Brasília. Centro Soberania e Clima

12p.

Palavras-chave:

1. Eficiência energética. 2. Capacidades de defesa. 3. Guerra do futuro. 4. Surpresas estratégicas.

---