




Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Tecnológica no Contexto da Descarbonização

O Caso da Força-Tarefa de Apoio ao Novo Brasil – Plano de Transformação Ecológica

Isabel Ferreira

Diretora Executiva, Instituto AYA





**Diversidade econômica,
comercial, humana e
financeira para a
Transformação Ecológica
do Brasil**

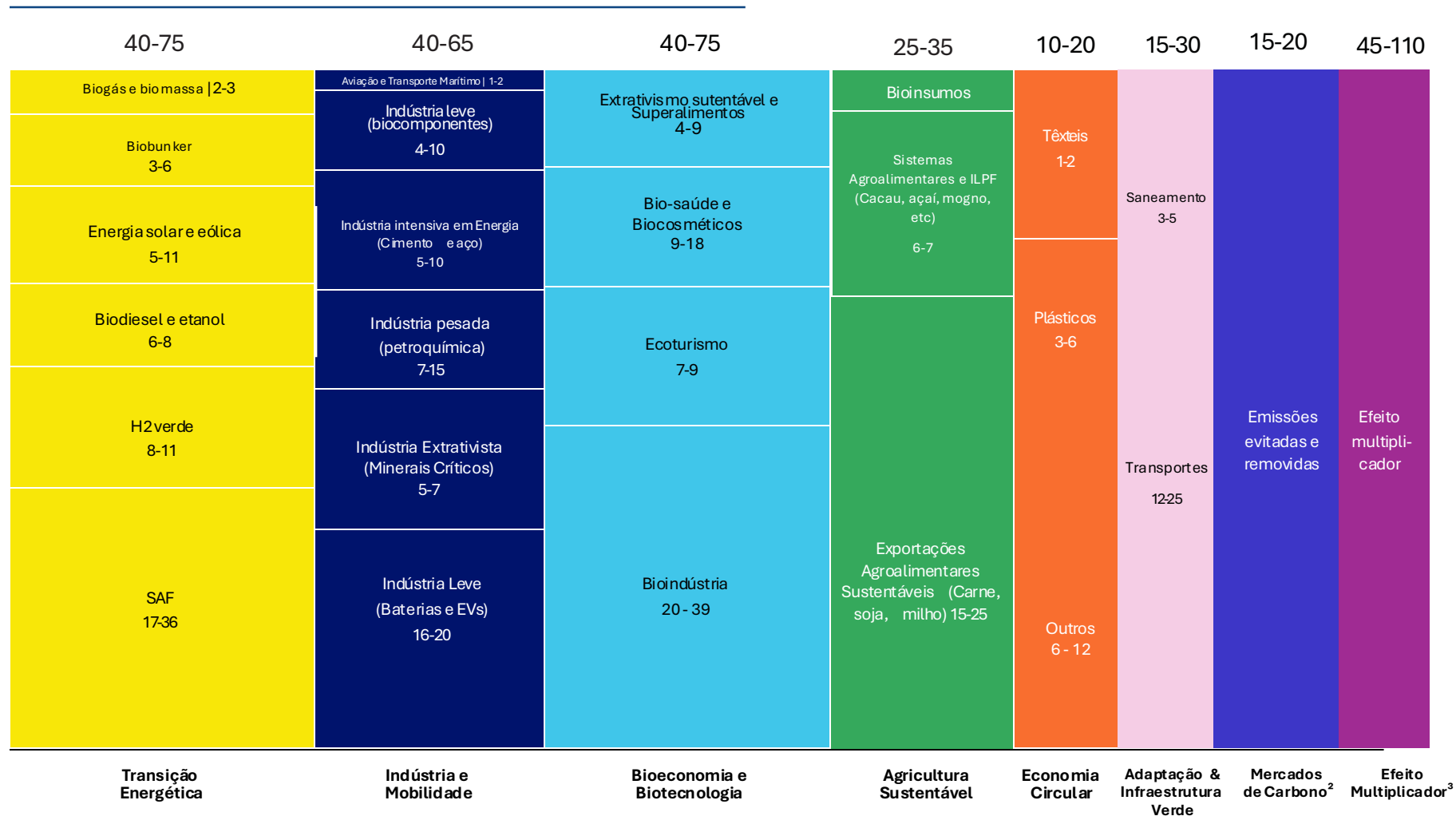
Estratégias de comércio
internacional, qualificação e
capital rumo a uma economia
de baixo carbono e baseada
nas pessoas e na natureza

Agosto, 2025

A revisão dos trabalhos de 2025 comprovou que a transformação ecológica pode dobrar o crescimento econômico do Brasil, adicionando entre US\$ 230 e US\$ 430 bilhões ao PIB brasileiro e agregando diversidade econômica a partir de 7 setores estratégicos

Efeito estimado no PIB em 2030¹

US\$ bilhões



Nota: 1) Estimativa atualizada de acordo com políticas recentemente aprovadas e análises detalhadas nas cadeias de valor selecionadas. 2) Os mercados de carbono incluem tanto os Regulados quanto os Voluntários. 3) O efeito multiplicador representaria efeitos colaterais desses setores em outras áreas econômicas, como o setor de serviços. Fonte: Amazônia 2030 Oportunidades para exportação de produtos florestais; WBCSD – Guia do CEO para a Bioeconomia Circular; MAPA - Governo busca US\$120 bilhões para recuperação de pastagens; McKinsey, 2022-O joia verde escondida - A oportunidade do Brasil para se tornar uma potência em sustentabilidade; CPI, 2018 – Garantindo um crescimento mais verde; McKinsey, 2021-Hidrogênio Verde: uma oportunidade para criar riqueza sustentável no Brasil; Trata Brasil – Avanços do Novo Marco Legal do Saneamento 2023; WBCSD – Guia do CEO para a Bioeconomia.

As cadeias analisadas em 2025 apresentam alto potencial de diversificação econômica, redução de emissões e promoção de soluções baseadas na natureza e nas pessoas, refletindo a seleção feita a partir dos critérios de 2024 com ajustes pontuais em escopo e foco estratégico

- 1 A COMPETITIVIDADE GLOBAL DO BRASIL
- 2 COMPLEXIDADE DA CADEIA DE VALOR
- 3 POTENCIAL DE GERAÇÃO DE PIB
- 4 DEMANDA INTERNACIONAL
- 5 POTENCIAL DE DESCARBONIZAÇÃO
- 6 PROXIMIDADE DO PONTO DE INFLEXÃO
- 7 CONDIÇÕES HABILITADORAS

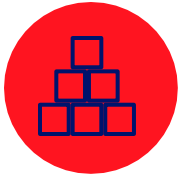


Em 2025, a Força-Tarefa concentrou seus esforços em destravar desafios e otimizar oportunidades para fortalecer cadeias produtivas verdes que integrem o Brasil à economia global de baixo carbono

O objetivo foi trabalhar na inserção de cadeias produtivas globais através de uma estratégia de comércio internacional, preparação da força de trabalho para a economia verde e mobilização de investimentos voltados a saltos tecnológicos em etapas de alta maturidade, isto é, de TRL 6-9

Frentes de Análise

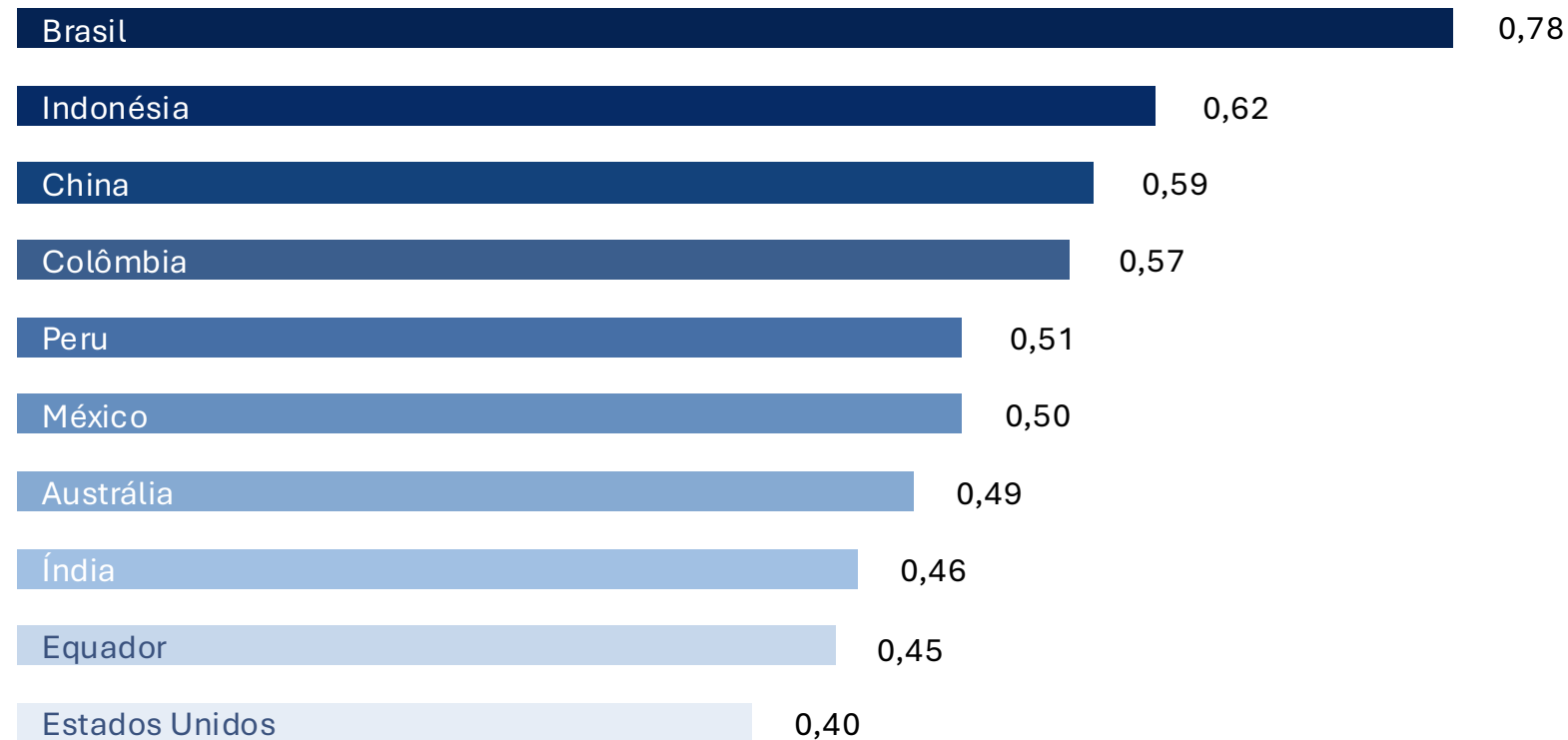
 COMÉRCIO INTERNACIONAL DAS CADEIAS DE VALOR VERDES DE MAIOR POTENCIAL	Análise da dinâmica do comércio , principais barreiras e oportunidades com foco na competitividade das cadeias de valor
 PREPARAÇÃO DA FORÇA DE TRABALHO PARA O DESENVOLVIMENTO DAS CADEIAS DE VALOR	Avaliação abrangente das oportunidades de criação de empregos e geração de renda nas principais cadeias de valor
 MOBILIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS PARA O AVANÇO DE COMPLEXIDADE DAS CADEIAS	Mapeamento dos principais mecanismos financeiros inovadores implementados no país para alavancar os investimentos para a transformação ecológica



Com a maior biodiversidade global, o Brasil conta com ativos naturais únicos que podem apoiar a criação de novas cadeias de valor capazes de conciliar desenvolvimento econômico, inclusão produtiva e proteção da natureza

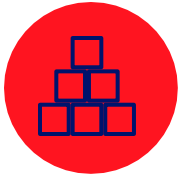
Índice de Biodiversidade dos 10 Países mais Biodiversos do Mundo¹

2023



O imenso potencial da fauna e flora brasileiras estabelece as bases para o desenvolvimento de cadeias produtivas verdes estratégicas para a transição ecológica. No entanto, o Brasil ainda precisa transformar essa vantagem natural em diversidade econômica, elevando o nível de complexidade e inovação do país, de suas cadeias de valor e de seus produtos

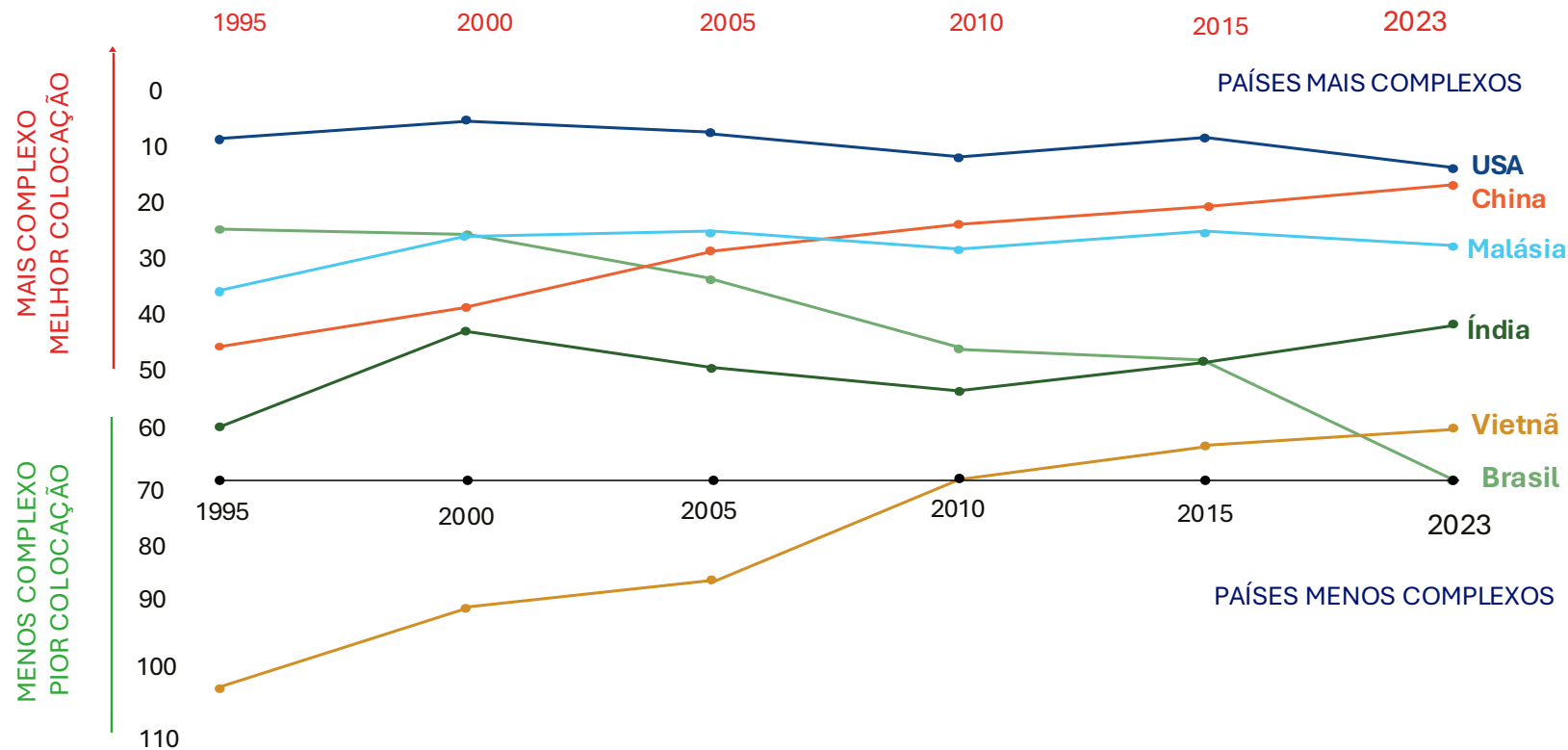
Nota: 1) O Índice de Biodiversidade é um índice ponderado que considera seis grandes grupos taxonômicos: cinco grupos de animais (anfíbios, aves, peixes, mamíferos e répteis) e um grupo de plantas (plantas vasculares). Uma limitação dessa metodologia é a exclusão dos invertebrados, devido à falta de dados consistentes sobre esse grupo para muitos países. Fonte: Mongabay (2023)



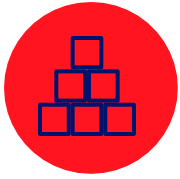
Apesar desse potencial natural, a complexidade econômica dos produtos brasileiros perdeu espaço nas últimas décadas e hoje está abaixo de Índia e Vietnã

Índice de Complexidade Econômica (ICE)

1995 - 2023



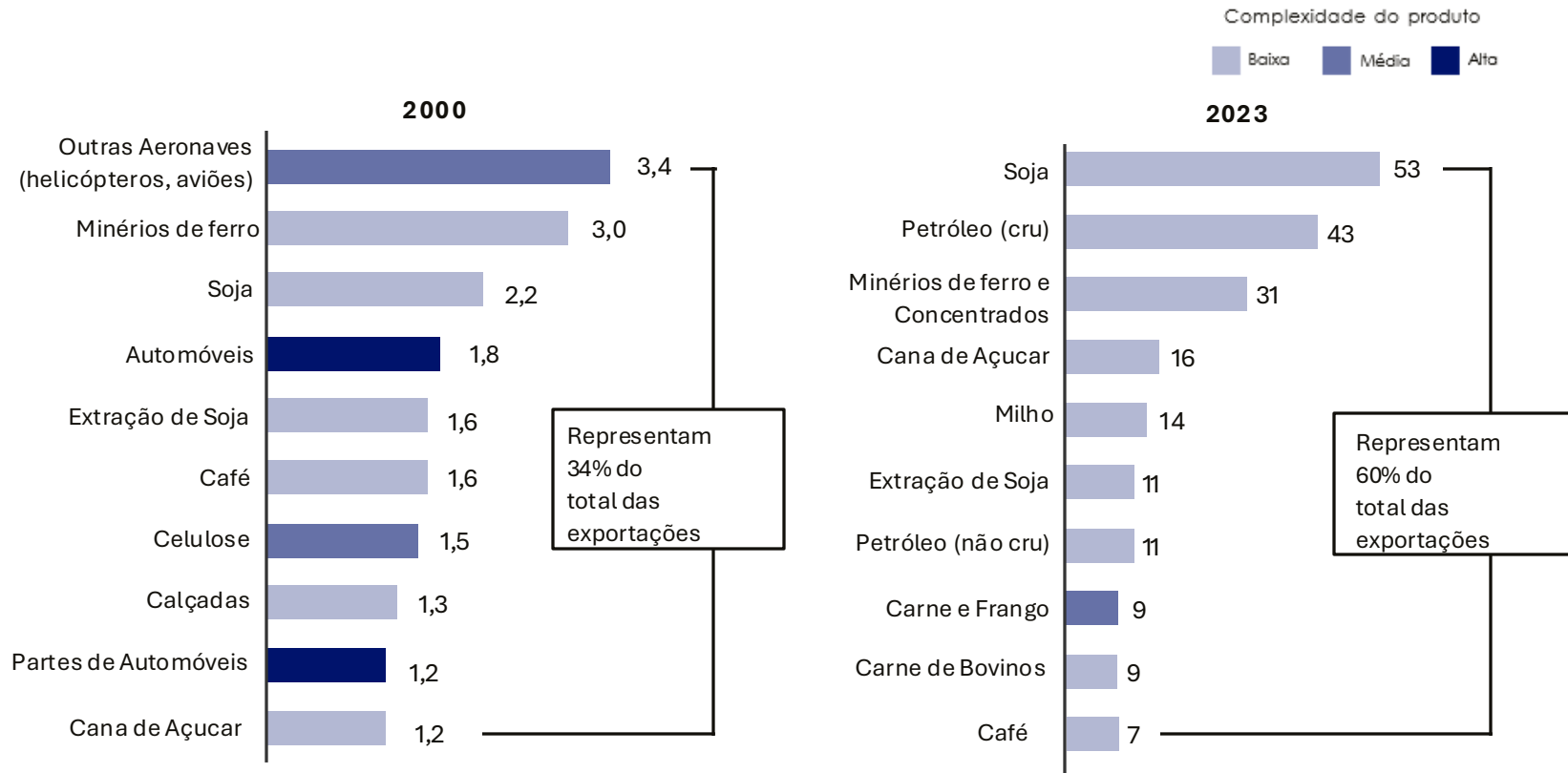
Aumentar a complexidade econômica tem potencial de **acelerar o crescimento de longo prazo do país em 1,6% ao ano**. Em tempos de incerteza e volatilidade global, **ampliar essa complexidade favorece a segurança e soberania nacional ao reduzir a exposição a choques externos e a volatilidade dos preços**. Análises evidenciam que complexidade, no longo prazo, **diminui a instabilidade do crescimento econômico em ~12% e reduz índices de miséria em até ~9% por cada ponto de crescimento no ICE**



Essa trajetória de perda de complexidade está diretamente relacionada a um modelo econômico baseado na exportação de commodities

Top 10 principais produtos exportados pelo Brasil

Valor comercial, US\$ bilhões



Embora a pauta exportadora tenha se reprimarizado, setores como agro e mineração já operam com tecnologias avançadas, reforçando que o desafio não é apenas reduzir a dependência de commodities, mas também ampliar a sofisticação produtiva em todas as cadeias. Reverter esse quadro requer investimentos direcionados em setores verdes e intensivos em inovação, capazes de diversificar as exportações brasileiras, aumentar o valor agregado da produção e expandir a oferta de empregos qualificados



Além de baixa complexidade econômica, o Brasil enfrenta barreiras quanto à escolaridade, à qualificação profissional, à formalização da força de trabalho e à exposição à IA



ESCOLARIDADE

Mais de **5%** da população enfrenta o **analfabetismo** e quase **1/3** dos brasileiros a partir dos 14 anos de idade **sequer completou o ensino fundamental**



QUALIFICAÇÃO

Os currículos de cursos técnicos e superiores se mostram **pouco conectados às novas demandas do mercado de trabalho da economia verde**



INFORMALIDADE

47,6% da população ocupada ainda se encontra em ocupações **sem carteira assinada ou por conta própria**



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E AUTOMAÇÃO

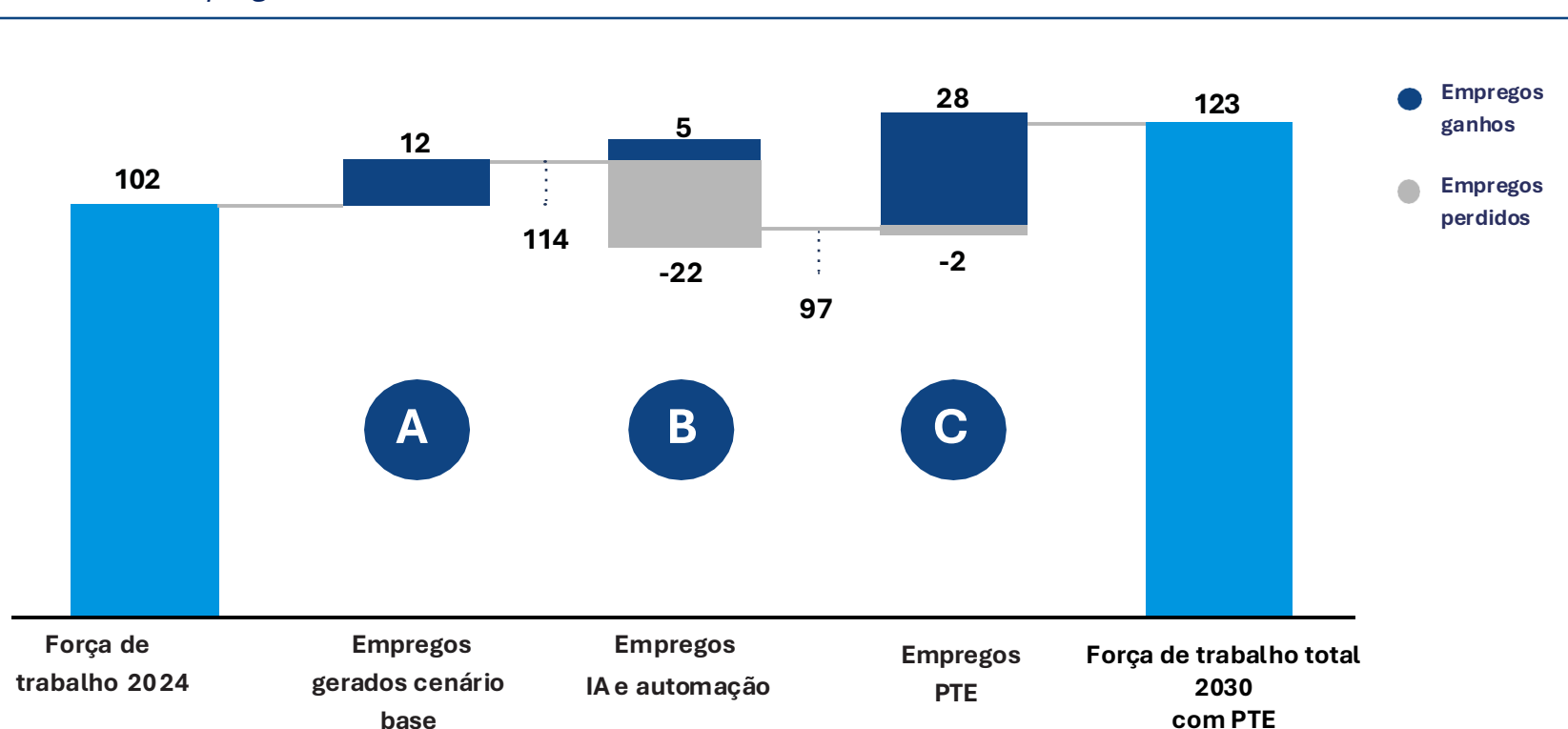
~50% das ocupações do Brasil estão **expostas à IA, à automação ou a ambas**



Diante dos avanços da IA e automação, o Brasil tem a oportunidade de aproveitar a Transformação Ecológica para garantir o futuro da força de trabalho

Potencial de empregos ganhos e perdidos no Brasil até 2030¹

Milhões de empregos



A

Empregos gerados em toda a economia num cenário sem o PTE, com um crescimento anual de 2 - 2,5% do PIB até 2030

B

Empregos gerados e perdidos em toda a economia num cenário onde IA aumenta o PIB entre 0,5- 0,9% ao ano e leva a substituição de 15% da força de trabalho

C

Empregos diretos e indiretos gerados pelos setores do PTE com potencial impacto de US\$ 230 a US\$430 bilhões - e perdidos em setores não sustentáveis

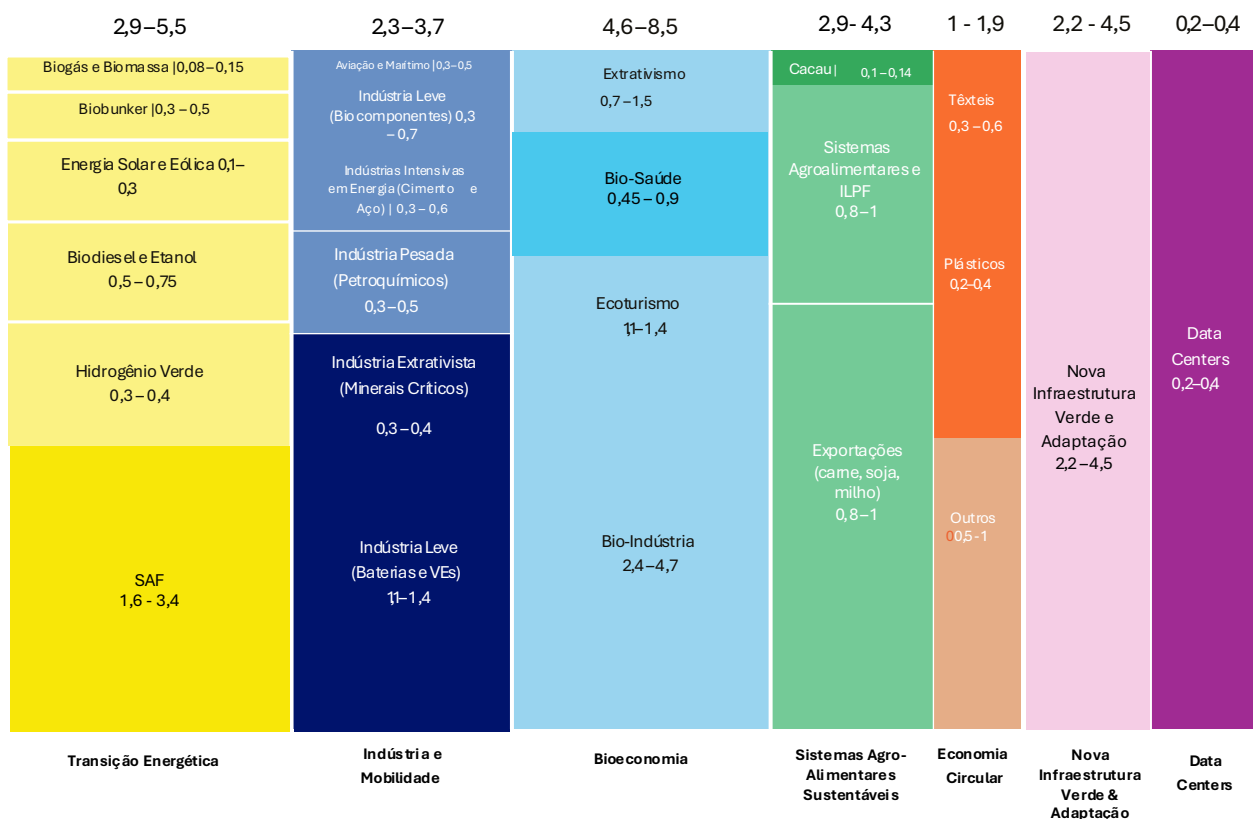
Nota: 1) Números refletem empregos diretos e indiretos gerados e perdidos. Para os empregos sem PTE, utilizamos um CAGR do PIB de 2% a 2,5% entre 2024 e 2030 e um multiplicador do BNDES (2022) de 0,89 milhões de empregos gerados a cada 1% de aumento no PIB. Para os empregos do PTE, utilizamos um CAGR do PIB de 3,5% a 5,5% entre 2024 e 2030 e seu impacto no produto das cadeias prioritárias, de acordo com dados calculados anteriormente nos relatórios do ETP. Para os empregos perdidos cinzas, utilizamos estimativas da perda da força de trabalho em setores de plásticos, têxteis, produção de proteína animal não sustentável, carros de combustão interna, extração de combustíveis fósseis e geração de energia não renovável. Para empregos ganhos com IA, utilizamos um CAGR do PIB de 0,5% a 0,9% acima do cenário ETP entre 2024 e 2030 e um multiplicador do BNDES (2022) de 0,89 milhões de empregos gerados a cada 1% de aumento no PIB. Para os empregos perdidos por IA e Automação, utilizamos a taxa de substituição de 15% da força de trabalho sobre o total atual e o potencial futuro da força de trabalho.



De acordo com estimativas revisadas, os setores mapeados pela Força-Tarefa podem promover a criação de 16 a 28 milhões de novos empregos verdes até 2030

Potencial de geração de empregos por setor e cadeia de valor¹

Milhões de empregos



As cadeias priorizadas garantem recorte mínimo necessário para cobrir a diversidade de setores e podem gerar de 6,4 a 12 milhões de novos postos de trabalho

Nota: 1) Em 2025, foi adotada uma abordagem unificada, aplicando multiplicadores da Matriz de Insumo-Produto do BNDES (2020) às estimativas de impacto no PIB setorial. Essa metodologia permitiu maior comparabilidade entre cadeias e a inclusão de empregos indiretos, resultando em uma projeção de 8 a 14 milhões de empregos diretos e 8 a 14 milhões de empregos indiretos até 2030.

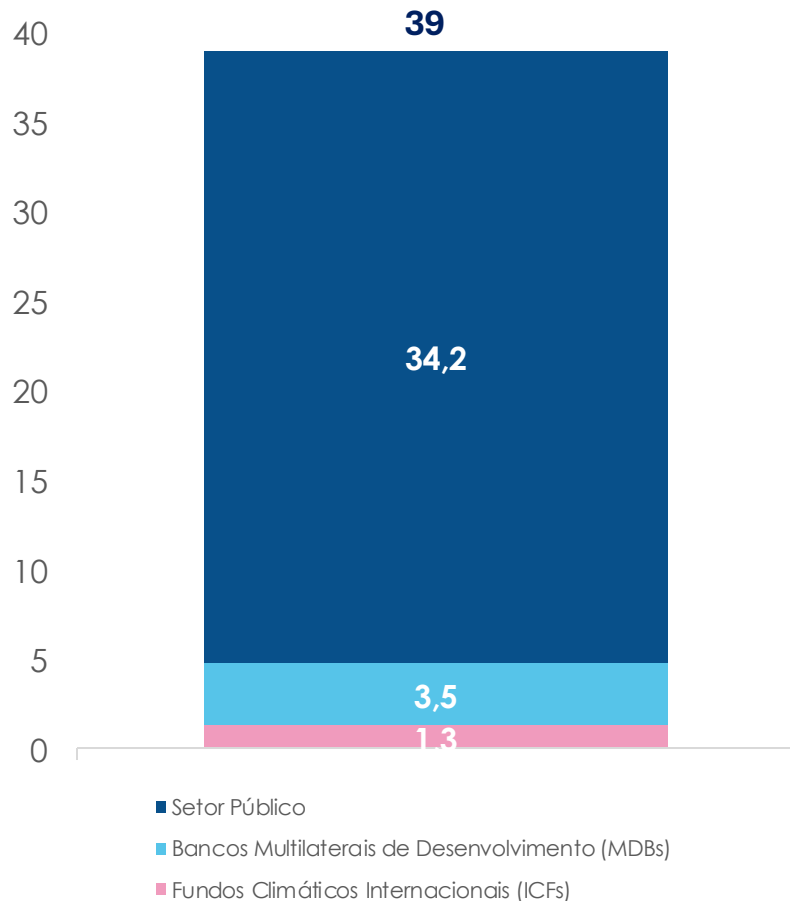
8º ENCONTRO DE ECONOMIA DO SUDESTE





Em 2025, os fluxos financeiros climáticos anunciados no Brasil quase alcançam US\$40 bi; iniciativas inovadoras estão sendo implementadas, mas é preciso investir ainda mais

Principais Aportes Financeiros Anunciados em 2025 (não exaustivo) | US\$, Bi



Fonte: Clipping de Anúncios.

Exemplo de Fontes de Destaque

Fundo Clima

O Fundo Clima, instrumento financeiro central da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), **responde por cerca de US\$ 2 bi (R\$ 11,2 bi)**. Gerido pelo BNDES, financia projetos públicos e privados de mitigação e adaptação às mudanças climáticas

Novo PAC – Seleções

O Novo PAC – Seleções é uma modalidade do Novo PAC, programa de investimentos conduzido pelo governo federal, em colaboração com o setor privado, governos estaduais e municipais, e movimentos sociais. No eixo “Cidades Sustentáveis e Resilientes”, foram alocados **mais de US\$4 bi (R\$ 22,6 bi)**

Fundos de Investimento Climático (CIF)

Os Fundos de Investimento Climático (CIF) são um mecanismo multilateral que apoia projetos de mitigação e adaptação em países em desenvolvimento. Em 2025, o Brasil foi selecionado entre 26 países concorrentes para **receber um aporte de US\$ 250 milhões (R\$ 1,4 bi) para a descarbonização da indústria**

EcolInvest

Coordenado pelo Tesouro, o EcolInvest contribui com a atração de capital estrangeiro ao oferecer condições de hedge cambial acessível e previsível. O 2º leilão do programa, com foco na recuperação de pastagens degradadas, apresenta **potencial de alavancar até US\$ 5,5 bi (R\$30 bi)**

Plano Safra – Agricultura Familiar

O Plano Safra Agricultura Familiar, parte do Plano Safra, é um programa federal com foco no apoio à agricultura familiar. O **ciclo 2025/2026 injeta US\$ 16,2 bi (R\$ 89 bi) em pequenos agricultores** para expandir o crédito, fornecer assistência técnica, fomentar a transição agroecológica e promover justiça social no campo

Banco Mundial

O Banco Mundial é uma instituição financeira internacional que oferece apoio técnico e financiamento para o desenvolvimento sustentável. No início de 2025, aprovou **US\$ 1,5 bi (R\$ 3,8 bi) para promover a sustentabilidade financeira e ambiental do Brasil** e apoiar cinco projetos desenvolvidos por estados brasileiros

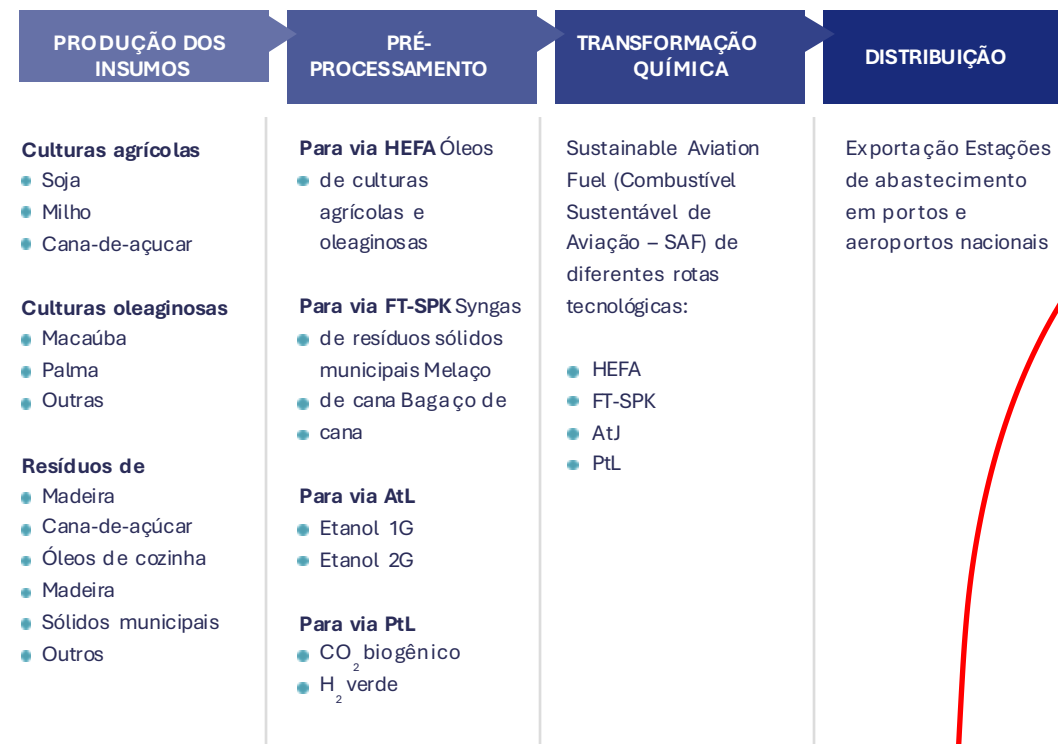


BIO-COMBUSTÍVEL SUSTENTÁVEL DE AVIAÇÃO (BIO-SAF)

O Combustível Sustentável de Aviação, conhecido como SAF, possui composição semelhante ao combustível tradicional utilizado no setor aéreo, mas é produzido a partir de processos sustentáveis.

O SAF pode ser misturado ao combustível convencional para reduzir significativamente o impacto das emissões do setor, conhecido por sua complexidade de descarbonização devido à alta densidade energética do querosene fóssil, que supera amplamente alternativas atuais como baterias.

A cadeia de Bio-SAF se divide em 4 etapas entre a produção dos insumos de fontes sustentáveis à produção do SAF por diversas rotas tecnológicas



O SAF tem ganhado força em países do Norte global e o Brasil já desponta como um potencial produtor de SAF no longo prazo (1/2)



CENÁRIO GLOBAL

REINO UNIDO

Em vigor desde 1º de janeiro de 2025, o mandato exige que fornecedores de combustível forneçam 2% de SAF, com aumento linear até 10% em 2030 e 22% em 2040

NORUEGA

Instituiu em 2020 um mandato de 0,5%, com o objetivo de alcançar 30% até 2030. Apesar de não ser membro da UE, o país planeja implementar as regras do ReFuelEU o mais rápido possível, com inclusão na legislação nacional até 2027

UNIÃO EUROPEIA

A partir de 1º de janeiro de 2025, entrou em vigor o mandato ReFuelEU Aviation, que substitui todos os mandatos nacionais. Estipula 2% de SAF em 2025, com escalonamento até 70% em 2050, e inclui sub-mandato para combustíveis sintéticos (synthetic e-fuels) a partir de 2030 (1,2%), aumentando gradualmente para 35% até 2050

ESTADOS UNIDOS

Pretende ampliar a produção de SAF para 3 bilhões de litros por ano até 2030, mas o cumprimento das metas está condicionado a incentivos públicos ainda incertos

BRASIL

Em outubro de 2024, foi sancionada a Lei do Combustível do Futuro, que institui o ProBioQAV e define incentivos à pesquisa e produção de SAF, além de estabelecer metas para o setor aeronáutico

CHINA

Implantou um programa piloto de SAF em 2024/2025 com voos experimentais partindo de aeroportos-chave. Foram estabelecidas metas não obrigatórias de 20 000 t até 2025, (≈0,2% do consumo), mas ainda não há mandato nacional

A produção de SAF está entrando em uma fase de crescimento acelerado, impulsionada tanto por mandatos obrigatórios de mistura adotados em diversos países quanto por metas voluntárias de descarbonização estabelecidas pelas próprias companhias aéreas

O SAF tem ganhado força em países do Norte global e o Brasil já desponta como um potencial produtor de SAF no longo prazo (2/2)



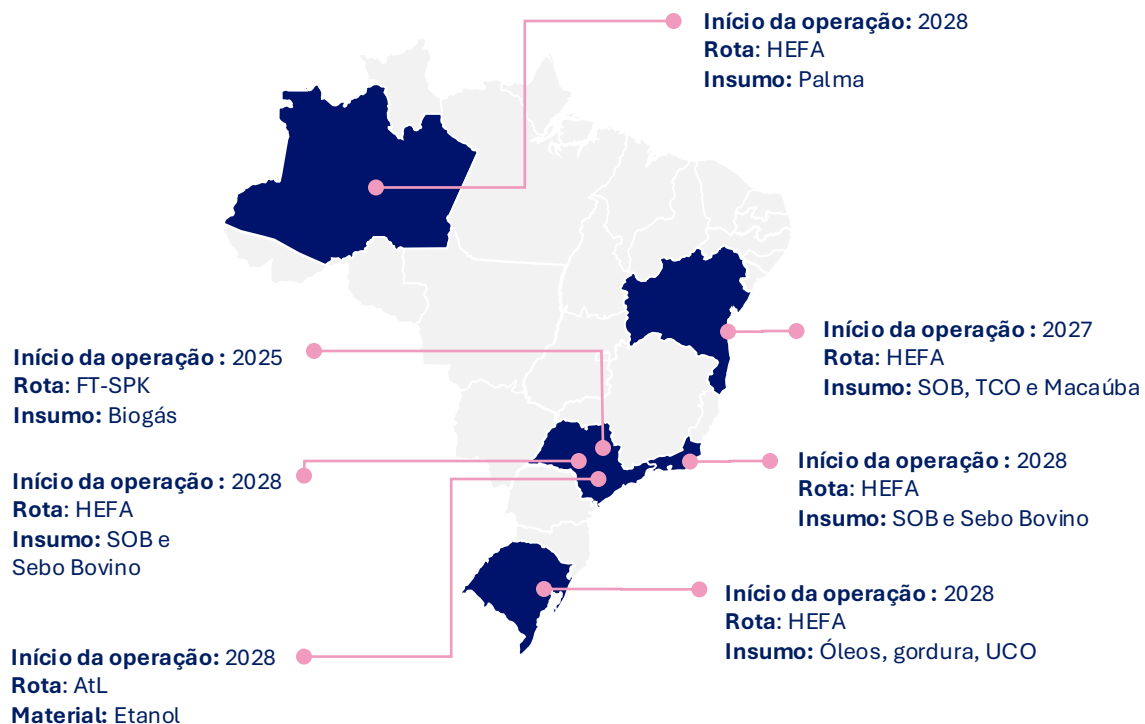
CENÁRIO BRASILEIRO

•Entre os países em desenvolvimento, o Brasil se destaca como um dos poucos capazes de prover bio-SAF para o mercado internacional de maneira competitiva ainda nesta década

•O Brasil conta com ampla disponibilidade de biomassa diversificada, entre 90 e 110 milhões de hectares de pastagens degradadas que podem ser recuperadas sem competir com a produção de alimentos e uma matriz elétrica predominantemente renovável

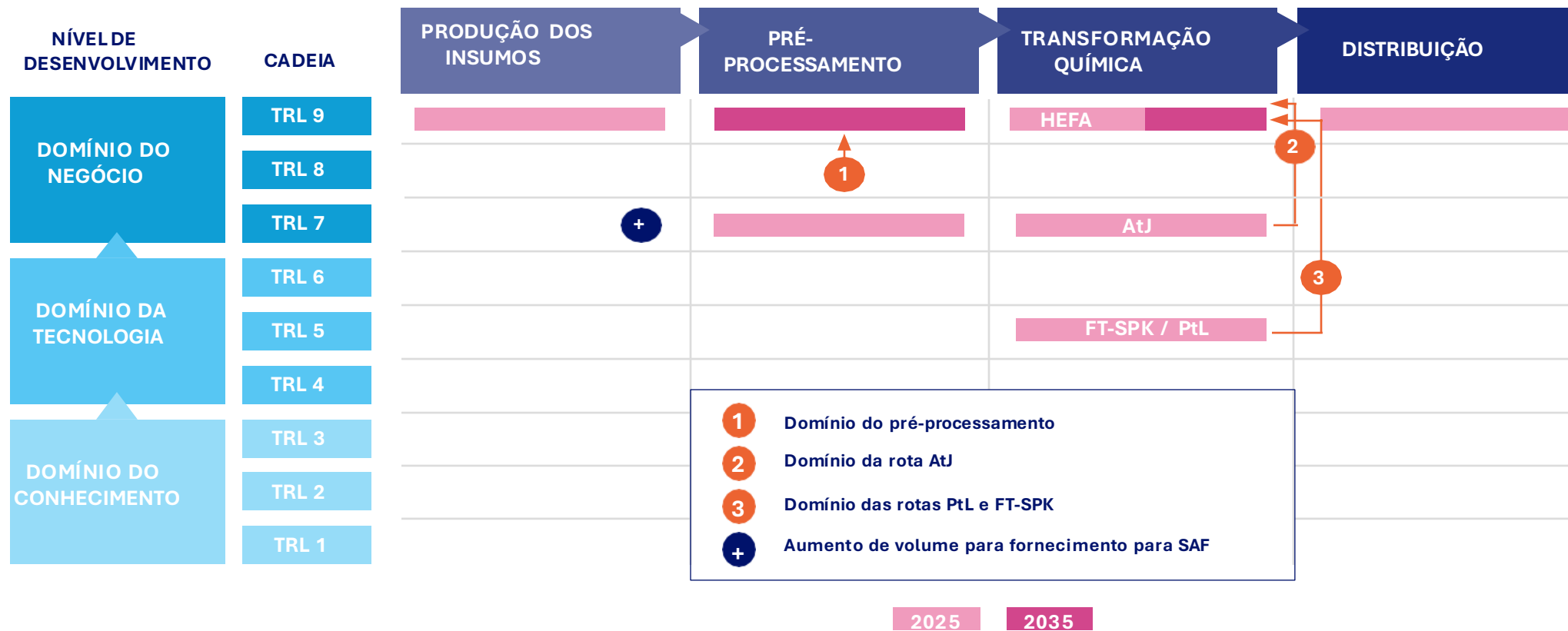
•Projetos significativos já estão sendo desenvolvidos por instituições como Petrobras, Acelen e Energis8. No panorama atual, cerca de R\$ 20 Bi em investimentos foram anunciados para 7 plantas comerciais de SAF no Brasil, com escolha predominante da rota HEFA

Projetos anunciados de SAF no Brasil até Junho/2025¹



Notas:1) Não inclui anúncios de projetos piloto. Fontes: EPE (2024), MapBiomass(2025), FGV (2023), Clipping de anúncios.

Por já possuir as etapas de insumos e pré-processamento bem consolidadas, falta ao Brasil dominar 3 rotas de produção de SAF e aumentar a produção de insumos



Nota: 1) A Escala de Prontidão Tecnológica (Technology Readiness Level – TRL) é uma ferramenta de avaliação do grau de maturidade de uma tecnologia. A escala utilizada é adaptada daquela empregada pelo Clean Growth Hub, agência de financiamento do desenvolvimento sustentável do governo do Canadá. Seus conceitos foram comparados a outras escalas internacionais e casos práticos, de modo a assegurar consistência e aplicabilidade ao contexto brasileiro. O TRL vai de 1 a 9, sendo agrupada em três domínios: do conhecimento, da tecnologia e do negócio. TRL 1 - Princípios básicos observados: investigação feita, princípios básicos definidos e resultados publicados na literatura; TRL 2 - Formulação conceito de aplicação: formulação das aplicações dos princípios básicos e elas e suas análises de apoio foram publicadas na literatura; TRL 3 - Prova de conceito experimental: função crítica e/ou função crítica analítica e experimental desenvolvidas; componentes validados em um ambiente de laboratório; TRL 4 - Componentes integrados em laboratório: componentes integrados “ad-hoc” validados em ambiente laboratorial e a diferença dos resultados dos testes e dos objetivos esperados no ambiente operacional é entendida; TRL 5 - Componentes integrados em ambiente simulado: componentes integrados foram validados em um ambiente simulado e a diferença dos resultados dos testes e dos objetivos esperados no ambiente operacional é entendida; TRL 6 - Protótipo demonstrado em ambiente simulado: protótipo em escala piloto demonstrado em ambiente simulado; entendimento da diferença do ambiente simulado e seus resultados com o ambiente operacional; TRL 7 - Protótipo demonstrado em ambiente operacional: escala real desenvolvida e demonstrada em ambiente operacional, mas sob condições limitadas; TRL 8 - Tecnologia implantada em ambiente operacional: configuração final desenvolvida e testada em ambiente operacional; a capacidade da tecnologia de atender aos seus requisitos operacionais foi avaliada e os problemas documentados; TRL 9 - Tecnologia comercialmente disponível: a tecnologia foi implantada sob uma ampla gama de condições operacionais; a tecnologia está disponível no mercado. As categorizações de cada cadeia foram validadas por especialistas e comitês técnicos em um processo colaborativo e contínuo.

A diplomacia pode abrir os mercados prioritários para Bio-SAF da EU, China e LatAm e apoiar transferência tecnológica de líderes como EUA, Finlândia e França



Mercados internacionais priorizados para acordos comerciais

 União Europeia	Potenciais maiores mercados para SAF devido a volume de voos e mandatos robustos ;
 Reino Unido	Potencial do Brasil conseguir suprir Bio-SAF alinhado às regulações da UE
 Japão	Grande mercado com mandato forte e proximidade ao Brasil na pauta , mas que enfrenta concorrência de SAF de países mais próximos e com biomassa barata
 LatAm	Proximidade geográfica e menor capacidade de investimento para desenvolvimento de SAF
 China	Potencial de fornecimento de biomassa de menor pegada de carbono para suas crescentes capacidades instaladas de SAF
 EUA	

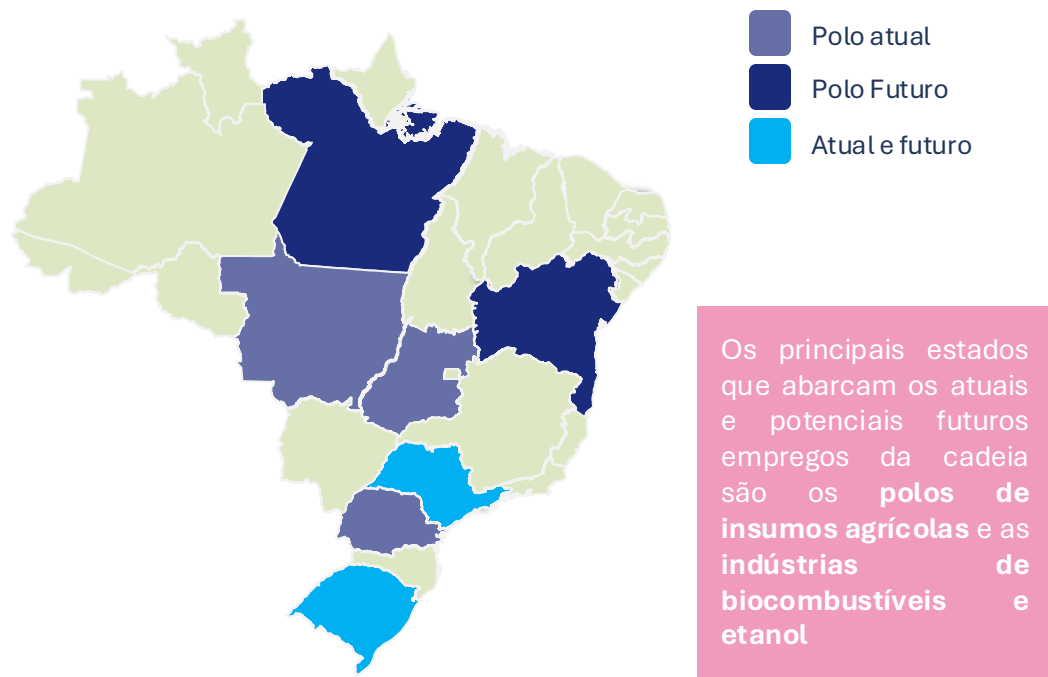
Países prioritários para cooperação técnica

 EUA	Encabeçado pela LanzaJet, são líderes de desenvolvimento da tecnologia para AtJ, rota de alto potencial no Brasil
 Finlândia	Possuem a Neste , maior empresa produtora de SAF globalmente
 Alemanha	Possuem histórico e interesse na cooperação com o Brasil em SAF
 França	Interesse governamental e alinhamento com Brasil na pauta Interesse do setor privado (ex.: diversos contratos de <i>offtake</i> entre Total Energies e Air France)

Enquanto os atuais polos de emprego estão concentrados em estados como GO, SP e RS, será preciso qualificar mão de obra no PA, MG e BA para consolidar a expansão do Bio-SAF



Polos de emprego da cadeia de Bio-SAF



Principais qualificações necessárias

Técnico em	Tecnólogo em	Bacharel e licenciatura
<ul style="list-style-type: none"> Agricultura Agropecuária Agrimensura Agroecologia Agronegócio Agroindústria Açúcar e álcool Biocombustíveis <u>Processos químicos</u> Aeroportuário Manutenção Aeronáutica em célula Mecânica de Aeronaves Bombeiro Aeronáutico Logística 	<ul style="list-style-type: none"> Agrocomputação Agrimensura Agroecologia Agronegócio Agroindústria Silvicultura Açúcar e álcool Biocombustíveis Processos químicos Biotecnologia Manutenção de aeronaves Transporte aéreo 	<ul style="list-style-type: none"> Agronomia Engenharia de Bioprocessos Engenharia de Biotecnologia Engenharia de produção Engenharia química Química industrial e tecnológica Engenharia de energia Engenharia aeronáutica Logística

 Principais déficits de qualificações apontados por especialistas

Fortalecer e diversificar rotas tecnológicas, alinhar regulações e fomentar P&D em alternativas de biomassa e recuperação de pastagens degradadas podem alavancar o SAF brasileiro



	Barreiras	Recomendações
Competitividade e saltos tecnológicos	<ul style="list-style-type: none">As rotas tecnológicas AtJ, PtL e FT-SPK enfrentam desafios quanto à infraestrutura, ao maquinário e ao desenvolvimento de pesquisas para chegar à escala comercialHá uma limitação atual da disponibilidade de biomassa para a rota HEFA	<ul style="list-style-type: none">Consolidar rotas tecnológicas mais vantajosas para o país, como HEFA e AtJ, que já possuem grau de desenvolvimento elevado e maior previsibilidade regulatóriaReforçar o marco legal e regulatório e fortalecer agências reguladoras como ANP e ANAC
Empregos verdes, qualificação e empreendedorismo	<ul style="list-style-type: none">Escassez de profissionais em ciências agrárias, engenharias e áreas correlatas em PA, BA e MGDéficit de mão de obra especializada para atuar com sistemas regenerativos e cultivo de oleaginosas em terras degradadas	<ul style="list-style-type: none">Ampliar a oferta de programas de qualificação profissional e assistência técnica, incluindo iniciativas de requalificação para trabalhadores oriundos do setor de óleo e gás, com foco nas regiões que serão polos da cadeia de bio-SAF
Fluxos comerciais internacionais	<ul style="list-style-type: none">Dificuldade de garantir rastreabilidade da cadeia de custódiaA percepção internacional de que biomassas brasileiras podem estar associadas ao desmatamento – mesmo quando originadas de áreas legais – gera barreiras reputacionais	<ul style="list-style-type: none">Harmonizar os critérios e padrões regulatórios nacionais aos globais, a exemplo da OACIReforçar a atuação diplomática, buscando o aproveitamento estratégico dos acordos Mercosul-União Europeia e a negociação de acordos bilaterais específicos com outros países
Mobilização de investimentos	<ul style="list-style-type: none">O capital inicial exigido por planta industrial de SAF é elevadoFalta de contratos de compra de longo prazo com companhias aéreas desincentiva decisões de investimentoCusto do SAF é ~3x maior que o do combustível convencional	<ul style="list-style-type: none">Desenvolver instrumentos de garantia de demanda, como contratos de offtake, plataformas de compra conjunta e leilões.Criar política geral para financiamento e incentivos não apenas para a indústria de SAF, mas para seu consumo interno

OBRIGADA!

Isabel Ferreira

Diretora Executiva, Instituto AYA

isabel.ferreira@institutoaya.org.br

