

DECARBONIZATION AND INDUSTRIAL POLICY: CHALLENGES FOR BRAZIL

Working Paper DIP-BR 14/2025

RESUMO EXECUTIVO

Política Industrial para Máquinas Agrícolas e Tratores:

Caracterização, comércio e instrumentos de intervenção
implementados em países selecionados (2010-2023)

João Carlos Ferraz

Gabriel Pessanha

Bruna Ribeiro

Wilson Peres

Julia Torracca

DECARBONIZATION AND INDUSTRIAL POLICY: CHALLENGES FOR BRAZIL

About the Project DIP-BR

“Decarbonization and Industrial Policy: Challenges for Brazil” (DIP-BR) is a policy-oriented research-action project aimed at influencing public debate on industrial, innovation, and trade policies in Brazil and selected Latin American countries that promote decarbonization and energy transition in the region. The initiative seeks to inform and induce efficacy, efficiency, effectiveness, and innovativeness in policy design and implementation. The methodology encompasses critical benchmarking analyses of past and present policy experiences from an international comparative perspective, regional trade studies, and economic analyses of productive sectors and chains, combining structural analysis of traditional production, employment, and trade statistics and simulation models of sectoral impacts using input-output approach.

Funded by the Open Society Foundations (OSF), Project DIP-BR is executed by the Research Group of Industry and Competitiveness at the Institute of Economics, Federal University of Rio de Janeiro (GIC/IE-UFRJ, <https://www.ie.ufrj.br/gic>) and is currently managed through José Bonifácio University Foundation (<https://www.fujb.ufrj.br/>).

Project DIP-BR Team

HEAD INVESTIGATOR

Carlos Frederico Leão Rocha
(IE-UFRJ)

MAIN RESEARCH TEAM

João Carlos Ferraz (IE-UFRJ)

Marta Castilho (IE-UFRJ)

Fabio Freitas (IE-UFRJ)

Kaio Vital (IE-UFRJ)

Julia Torracca (IE-UFRJ)

Wilson Peres (IE-UFRJ)

CONSULTING TEAM

Agrifood Industry

John Wilkinson (UFRRJ)

Cement Industry

Lucas Rosse Caldas (FAU-UFRJ)

Thaís Pinto Lôbo Siqueira
(COPPE-UFRJ)

Lívia Corrêa Silva (COPPE-UFRJ)

Romildo Dias Toledo Filho
(COPPE-UFRJ)

Steel Industry

Germano Mendes de Paula
(IERI-UFU)

Oil Industry

Marcelo Colomer (IE-UFRJ)

Sofia Kelly (IE-UFRJ)

Biofuels Industry

José Vitor Bomtempo (IE-UFRJ)

Carbon Market

Layza da Rocha Soares (IE-UFRJ)

Auto Industry

Fernando Sarti (IE-Unicamp)

Célio Hiratuka (IE-Unicamp)

Climate Adaptation

Carlos Eduardo Young (IE-UFRJ)

Diego Urraca (UFRJ)

Energy Efficiency

Cecília Lustosa (PROFNIT-UFRJ)

Leonardo Szigethy (COPPE-UFRJ)

Green Jobs

Valeria Pero (IE-UFRJ)

Pedro Gesteira (IE-UFRJ)

RESEARCH ASSISTANTS

Bruna Ribeiro (IE-UFRJ)

Gabriel Pessanha (IE-UFRJ)

Tatiana Fleming (IE-UFRJ)

Nilo Bezerra Neto (IE-UFRJ)

Vinícius Toshio (IE-UFRJ)

PROJECT MANAGER

Carolina Dias (IE-UFRJ)

Mithaly Salgado Corrêa (UERJ)

GRAPHIC DESIGNER

Galadriel Design

DECARBONIZATION AND INDUSTRIAL POLICY: CHALLENGES FOR BRAZIL

Working Paper DIP-BR 14/2025

RESUMO EXECUTIVO

Política Industrial para Máquinas Agrícolas e Tratores:

Caracterização, comércio e instrumentos de intervenção
implementados em países selecionados (2010-2023)

João Carlos Ferraz ^a

Gabriel Pessanha ^b

Bruna Ribeiro ^c

Wilson Peres ^d

Julia Torracca ^e

Fevereiro de 2026

^a Professor at the Institute of Economics, Federal University of Rio de Janeiro (IE-UFRJ), and researcher at the Research Group on Industry and Competitiveness (GIC/IE-UFRJ). Rio de Janeiro, Brazil. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5980-2591>. E-mail address: jcferraz@ie.ufrj.br.

^b PhD candidate and lecturer at the Institute of Economics, Federal University of Rio de Janeiro (IE-UFRJ), and research assistant at the Research Group on Industry and Competitiveness (GIC/IE-UFRJ). Rio de Janeiro, Brazil. ORCID: [ORCID: 0009-0005-1924-515X](https://orcid.org/0009-0005-1924-515X). E-mail address: gabriel.pessanha@ppge.ie.ufrj.br.

^c PhD candidate at the Institute of Economics, Federal University of Rio de Janeiro (IE-UFRJ), and research assistant at the Research Group on Industry and Competitiveness (GIC/IE-UFRJ). Rio de Janeiro, Brazil. ORCID: [ORCID: 0009-0000-9985-6834](https://orcid.org/0009-0000-9985-6834). E-mail address: bruna.silva@ppge.ie.ufrj.br.

^d Associated research fellow at the Research Group on Industry and Competitiveness, Federal University of Rio de Janeiro (GIC/IE-UFRJ). Santiago, Chile. ORCID: <http://orcid.org/0009-0006-5279-8730>. E-mail address: wilsonpn@me.com.

^e Professor at the Institute of Economics, Federal University of Rio de Janeiro (IE-UFRJ), and researcher at the Research Group on Industry and Competitiveness (GIC/IE-UFRJ). Rio de Janeiro, Brazil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0958-858X>. E-mail address: julia.torracca@ie.ufrj.br.

Sumário

Introdução	05
1. Visão geral da indústria de máquinas agrícolas mundial	06
2. Perfil da indústria brasileira	07
3. Comércio mundial e países líderes	08
4. Um panorama do comércio de tratores	09
5. Instrumentos de intervenção	10
6. Políticas para máquinas agrícolas em países selecionados: EUA, União Europeia e China	12
7. Políticas para tratores na Europa, Estados Unidos, China e Índia	15
8. Implicações para políticas	17

Introdução

Este trabalho apresenta um panorama geral e atualizado da evolução recente do setor de máquinas agrícolas e do segmento de tratores com foco em três temas: produção industrial no Brasil, comércio internacional em países selecionados e instrumentos de intervenção implementados também em países selecionados, entre 2010 e 2023, para apoiar a indústria de máquinas agrícolas e o seu segmento de tratores. Esta indústria foi escolhida por ser uma das atividades produtivas destacadas como relevantes na política industrial brasileira, a **Nova Indústria Brasil (NIB)**¹.

Este é um trabalho exploratório que pretende prover informações qualificadas e não pretende associar o desempenho observado, seja na produção industrial no Brasil, seja nas exportações e importações de países selecionados, com os instrumentos de intervenção utilizados pelos países ao longo do tempo. O que se destaca, em cada seção, é a magnitude e a importância relativa de cada variável tratada para informar *policy makers* sobre a dinâmica da indústria e principalmente as políticas públicas em prática no mundo.

As informações utilizadas neste informe são provenientes de cinco fontes diferentes. Para o Brasil, a Pesquisa Industrial Anual (PIA-Empresa) do **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**² forneceu dados sobre produção, valor de transformação e produtividade, ao passo que no **Sistema Integrado de Comércio Exterior (Siscomex) do governo federal**³ foram buscados dados sobre comércio. Para a análise sobre comércio internacional de produtos, utilizaram-se dados do **Comtrade das Nações Unidas**⁴. Para análise dos instrumentos de intervenção em países selecionados, com destaque para China, Brasil, Rússia, Estados Unidos, Itália, Argentina e União Europeia, foram empregados dados do **Global Trade Alert (GTA)**⁵, que coleta, gerencia e disponibiliza sistematicamente informações sobre tipos de intervenções públicas por produtos em todo o mundo. Por fim, o levantamento não sistemático de políticas de incentivo e regulação em curso em países selecionados, notadamente EUA, China e União Europeia, foi realizado por meio de pesquisa documental em fontes de acesso aberto na Internet, com apoio de ferramentas de inteligência artificial.

¹ Portanto, não se pretende neste documento fazer uma análise sistemática e profunda dos desafios competitivos e tecnológicos da indústria de máquinas agrícolas no mundo e no Brasil.

² <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9042-pesquisa-industrial-anual.html>

³ <https://portalunico.siscomex.gov.br/portal/>

⁴ comtrade.un.org

⁵ <https://globaltradealert.org/>

1. Visão geral da indústria de máquinas agrícolas mundial

Estima-se que, em 2024, o mercado global de máquinas agrícolas seja da ordem de 170 a 190 bilhões de dólares. Apesar das limitações e das diferenças metodológicas entre as fontes de dados disponíveis, todas convergem ao apontar o grande peso econômico e estratégico desse setor, impulsionado pela busca de maior produtividade agrícola, segurança alimentar e difusão de tecnologias, tais como as relacionadas à agricultura de precisão, à automação e à digitalização, e também ao revelar a crescente preocupação com a descarbonização da indústria e sua contribuição para mitigar emissões das atividades econômicas que utilizam os equipamentos agrícolas.

O comércio internacional de máquinas agrícolas é concentrado em um pequeno grupo de economias. Alemanha, Estados Unidos, Itália, Japão, China e a União Europeia respondem por uma parcela elevada das exportações mundiais, enquanto países como Estados Unidos, China, Canadá, Alemanha e outras economias europeias individuais se destacam como grandes importadores e polos de demanda. Essas mesmas economias frequentemente combinam os papéis de produtor-exportador e de grande consumidor-importador, refletindo intenso comércio intraindustrial, forte base agrícola doméstica e capacidades industriais profundas.

O setor é caracterizado como um oligopólio dominado por multinacionais com atuação global que controlam tecnologia, marca e redes de distribuição em dezenas de países: John Deere (EUA); CNH Industrial, propriedade do grupo FIAT (Itália); AGCO Corporation (EUA); Kubota Corporation (Japão); Claas (Alemanha); DF Group (Itália); Mahindra & Mahindra (Índia); Caterpillar Inc. (EUA) Os tratores respondem por cerca de 60% das unidades vendidas mundialmente, seguidos por colheitadeiras e ampla gama de implementos, sistemas de irrigação e outros equipamentos especializados, indicando um portfólio diversificado e intensivo em tecnologia.

2. Perfil da indústria brasileira

Entre 2007 e 2023, o valor bruto da produção do segmento expandiu-se muito mais rapidamente do que o da manufatura total e mesmo o do grupo de setores intensivos em tecnologia. O crescimento real entre 2010 e 2023 foi superior a quatro vezes o da indústria em geral, o que sugere que o setor ganhou espaço e relevância na estrutura industrial brasileira.

No comércio exterior, porém, o quadro é mais nuançado. As importações de máquinas agrícolas cresceram bem menos do que as importações industriais totais e as dos setores intensivos em tecnologia, sugerindo certo grau de capacidade de oferta doméstica e alguma substituição de importações. As exportações aumentaram, mas em ritmo inferior ao da indústria total e dos setores de alta tecnologia, o que indica que o mercado internacional não é o principal motor de crescimento e que os produtores brasileiros permanecem como atores relativamente modestos no comércio global de máquinas agrícolas.

Do ponto de vista estrutural, as máquinas agrícolas representavam cerca de 1,8% do valor total da manufatura brasileira em 2023 e apenas 0,3% das exportações e das importações industriais. Quando o foco se restringe ao grupo de setores intensivos em tecnologia, porém, a participação do segmento nas importações supera um terço, revelando que, no bloco de alta tecnologia, ainda há forte dependência de máquinas e componentes importados. Os indicadores de produtividade – medidos como valor bruto da produção por trabalhador – mostram que as máquinas agrícolas apresentam desempenho claramente superior ao da manufatura total e ao do grupo intensivo em tecnologia entre 2014 e 2023, reforçando a ideia de um nicho particularmente dinâmico e eficiente.

3. Comércio mundial e países líderes

O comércio internacional de máquinas agrícolas movimentou US\$ 870,9 bilhões em exportações e US\$ 866,8 bilhões em importações no período acumulado de 2010 a 2023, representando 0,75% das exportações globais do setor de máquinas e equipamentos. Esses valores evidenciam um mercado robusto, porém ainda relativamente pequeno dentro do comércio mundial, fortemente impulsionado por economias avançadas que concentram tanto a produção quanto o consumo do setor.

A liderança do comércio é exercida pela União Europeia e pelos Estados Unidos. O bloco europeu detém 56,4% das exportações e 42,3% das importações mundiais, com destaque para a Alemanha como principal exportadora (18,9%) e a França como maior importadora dentro do bloco. Os EUA ocupam a segunda posição tanto nas exportações (12,4%) quanto nas importações (13,6%), reforçando seu papel dual como grande produtor e grande mercado consumidor. Itália e China também se destacam com participações relevantes nas exportações (8,0% e 7,5%, respectivamente).

Entre os países em desenvolvimento analisados, China, Brasil, Rússia e Argentina somam juntos apenas 10,1% das exportações mundiais, revelando uma forte assimetria geográfica no setor. A China vem avançando progressivamente, passando de US\$ 2,5 bilhões para US\$ 6,8 bilhões em exportações entre 2010 e 2023, diversificando seus destinos e tendo os EUA como principal comprador. O Brasil, por sua vez, manteve-se praticamente estável, oscilando entre US\$ 1 bilhão e US\$ 2 bilhões em exportações, sem apresentar tendência de crescimento expressiva ao longo do período.

O Brasil exporta majoritariamente para países vizinhos, com destaque para o Paraguai como principal destino, seguido de Argentina — parceiro historicamente relevante, mas com fluxos bastante voláteis. Do lado das importações, o Brasil é dependente de tecnologia de economias avançadas: os Estados Unidos lideram como principal fornecedor (superando US\$ 600 milhões em 2023), seguidos pela Alemanha e pela China, que amplia gradualmente sua presença no mercado brasileiro. Esse padrão indica que o Brasil ocupa ainda uma posição periférica no comércio internacional do setor, atuando como importador de tecnologia de ponta e exportador regional.

4. Um panorama do comércio de tratores

O mercado mundial de tratores é dominado pelo bloco da União Europeia, que detém cerca de 58% no segmento, tendo alcançado US\$ 18 bilhões em 2023. Os Estados Unidos aparecem como o segundo maior exportador, com 9,4% de participação. No segmento de tratores, as exportações brasileiras ultrapassaram US\$ 437 milhões em 2023, representando 1,6% do comércio mundial e demonstrando uma recuperação significativa após retração verificada entre 2017 e 2020.

No segmento dos tratores, a distinção por faixa de potência revela dinâmicas comerciais substancialmente diferentes entre os equipamentos menores e os maiores de 37 kW. Os tratores com potência superior a 37 kW são o principal motor das exportações mundiais, tendo atingido 29,87% do total de máquinas agrícolas exportadas em 2023, com crescimento acentuado a partir de 2020. Em contraste, os tratores de menor potência mantêm participação modesta e decrescente, caindo de 4,80% em 2022 para meros 3,47% em 2023. Essa disparidade demonstra que o mercado global privilegia equipamentos de maior capacidade produtiva, que apoiam a agricultura de precisão e atendem a rigorosos requisitos ambientais, como o Estágio V europeu e o Tier 4 americano.

Os perfis de especialização por país refletem claramente essa divisão por potência. Brasil, Estados Unidos e União Europeia concentram suas exportações em tratores acima de 37 kW, segmento em que a sofisticação tecnológica e a conformidade ambiental são diferenciais competitivos críticos. O Brasil, em particular, destina 99% de suas exportações ao segmento de alta potência. Por outro lado, Índia e China utilizam a faixa inferior a 37 kW como plataforma estratégica de exportação, com a Índia apresentando entre 72,1% e 77,3% de especialização em tratores na sua pauta exportadora total de máquinas agrícolas, atendendo principalmente a economias em desenvolvimento com necessidades de mecanização inicial.

No lado das importações, observa-se um padrão semelhante de concentração em equipamentos de alta potência. A União Europeia lidera as importações mundiais de tratores no período analisado, com 43,9%, seguida pelos Estados Unidos, com 20,1%. Os tratores com mais de 37 kW aumentaram sua participação no total de máquinas agrícolas importadas globalmente, passando de 24,1% em 2017 para 32,4% em 2023. O Brasil exemplifica essa tendência ao concentrar 95,4% de suas importações de tratores em modelos acima de 37 kW em 2023, evidenciando um movimento de modernização e recomposição da frota agrícola nacional voltado para equipamentos de maior capacidade produtiva e tecnologia avançada, alinhado às demandas da agricultura empresarial de larga escala.

5. Instrumentos de intervenção

A análise empírica dos dados do GTA sobre os instrumentos de intervenção nos países selecionados revela um padrão heterogêneo, mas claramente ativo de intervenção entre os principais atores no que tange o setor de máquinas agrícolas de maneira geral. Economias como a China e a União Europeia emergem como usuárias particularmente intensivas de instrumentos de política industrial e comercial, combinando medidas de apoio à exportação, incentivos ao avanço tecnológico e controles de acesso ao mercado de máquinas agrícolas. Os Estados Unidos acionam uma combinação de marcos regulatórios (segurança, meio ambiente e padrões técnicos), incentivos federais e barreiras comerciais que, embora muitas vezes desenhados como horizontais, produzem impactos setoriais relevantes sobre a produção e o comércio de máquinas.

Na China destacam-se medidas associadas a metas nacionais de mecanização, subsídios para aquisição e modernização de máquinas agrícolas, crédito apoiado pelo Estado e políticas industriais mais amplas que favorecem fabricantes domésticos em programas públicos e estratégias de desenvolvimento rural. Essas intervenções reforçam a demanda interna, estimulam o ganho de escala da indústria local e apoiam a competitividade exportadora, ao mesmo tempo em que medidas comerciais seletivas limitam a penetração estrangeira em certos nichos de produtos. Paralelamente, a China continua a importar equipamentos avançados de Estados Unidos, Alemanha e Japão, indicando que a política industrial é usada tanto para construir capacidades locais, quanto para gerenciar a dependência tecnológica.

Na União Europeia, o padrão combina marcos regulatórios robustos – sobretudo em segurança, emissões e desempenho ambiental – com programas de pesquisa e inovação e, em alguns casos, apoios específicos sob o guarda-chuva da **Política Agrícola Comum**⁶ e de agendas de inovação industrial. Embora muitos instrumentos europeus sejam formalmente horizontais ou voltados à transição verde, na prática, eles moldam as condições de concorrência em favor dos fabricantes sediados na UE, ao estabelecer normas técnicas que esses produtores estão mais aptos a cumprir e ao direcionar recursos para máquinas avançadas, agricultura de precisão e equipamentos de baixa emissão.

Nos Estados Unidos, observa-se uma combinação de regulação, incentivos em nível federal e estadual (incluindo mecanismos tributários e programas de crédito), investimento

⁶ <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/cap-funding-rules-2023-2027/>

público em P&D e uso pontual de medidas de defesa comercial para proteger ou reforçar produtores domésticos de máquinas agrícolas e de construção. Programas associados ao desenvolvimento rural, ao apoio à agricultura e à infraestrutura também geram demanda estável por máquinas de alto valor, funcionando, na prática, como instrumentos indiretos de política industrial.

O Brasil aparece como usuário mais moderado, porém relevante, de instrumentos de intervenção, combinando tarifas de importação, incentivos tributários (por exemplo, regimes especiais de política industrial), programas de crédito rural que estimulam a aquisição de máquinas produzidas no país e, em alguns períodos, linhas específicas de apoio por meio de instituições financeiras públicas.

Rússia, Itália e Argentina também utilizam um conjunto variado de instrumentos, ainda que com intensidades e capacidades institucionais distintas. Em geral, combinam medidas de proteção, financiamento direcionado e, em certos casos, exigências de localização ou incentivos setoriais específicos.

No que tange aos instrumentos de intervenção direcionados para o segmento de tratores, a análise das políticas comerciais e industriais entre 2017 e 2023 revela que a potência dos equipamentos não constitui um fator relevante de diferenciação nas intervenções governamentais ao redor do mundo. Das 354 medidas implementadas no período, mais de 96% foram aplicadas simultaneamente para tratores com menos de 37 kW e para aqueles com mais de 37 kW de potência. Menos de 4% foram direcionadas exclusivamente a uma das duas categorias, evidenciando que as políticas adotadas globalmente não possuem um enfoque específico baseado na classe de potência dos tratores. Esse segmento representa aproximadamente 20% de todas as 1.802 intervenções aplicadas à maquinaria agrícola no período analisado.

As principais medidas de intervenção aplicadas aos tratores incluem tarifas de importação, subsídios financeiros e empréstimos estatais que, juntos, respondem por quase 50% de todas as políticas direcionadas ao segmento. Diferentemente do que ocorre no conjunto mais amplo de máquinas agrícolas, as medidas de proibição de importações e exportações assumem especial relevância no caso dos tratores. A evolução temporal dessas intervenções mostra que o segmento acompanha, em escala menor, o comportamento das políticas para máquinas agrícolas em geral, com retração entre 2018-2019 e crescimento pronunciado a partir de 2020, culminando em um pico em 2022 que reflete a intensificação do uso de instrumentos de política industrial no contexto pós-pandemia.

A distribuição geográfica das intervenções para tratores apresenta padrão mais fragmentado e menos concentrado comparativamente ao conjunto das máquinas agrícolas. A Rússia lidera com 18% das medidas específicas para o segmento, seguida pelo Brasil (10%) e pela China (7%), enquanto os demais países não especificados respondem por aproximadamente 40% das intervenções. Essa diferença sugere que as políticas para tratores tendem a ser mais difusas e descentralizadas, possivelmente refletindo especificidades nacionais relacionadas à estrutura produtiva, ao perfil de demanda e a estratégias de política industrial adotadas para o segmento nos diferentes países, independentemente da distinção por potência dos equipamentos.

6. Políticas para máquinas agrícolas em países selecionados: EUA, União Europeia e China

A política dos Estados Unidos para maquinaria agrícola combina regulações federais rigorosas, incentivos econômicos e forte apoio à inovação tecnológica. O marco regulatório, coordenado por órgãos e agências governamentais tais como United States Department of Agriculture (USDA), U.S. Environmental Protection Agency (EPA) e Occupational Safety and Health Administration (OSHA), concentra-se em três áreas principais: padrões de emissões (Tier 4) para reduzir poluição, normas de segurança laboral, incluindo proteção do operador e sistemas anti-capotamento, e requisitos de rastreabilidade para equipamentos digitais. Os principais instrumentos de incentivo incluem a depreciação acelerada (Section 179), que permite dedução rápida do valor de máquinas novas; créditos e garantias de empréstimo através da Farm Service Agency para pequenos e médios produtores; e programas de sustentabilidade vinculados ao Farm Bill de **2018**⁷ que financiam práticas de **agricultura de precisão**⁸. O país também prioriza investimentos em pesquisa via Agricultural Research Service e parcerias público-privadas para desenvolvimento de maquinário autônomo com GPS, sensores LIDAR e inteligência artificial, visando reduzir a pegada de carbono da agricultura até 2030.

⁷<https://www.ers.usda.gov/topics/farm-bill/2018-farm-bill>

⁸ A Lei Agrícola de 2018, que expirou em 2023, foi prorrogada e, no início de 2026, novas abordagens legislativas como a "One big Beautiful Bill Act" estão moldando políticas por meio da reconciliação orçamentária, em vez de um projeto tradicional e bipartidário e abrangente.

A China adota uma estratégia sistemática e ambiciosa de mecanização agrícola centrada em metas quantitativas, subsídios diretos massivos e forte controle estatal. O plano quinquenal 2021-2025 estabelece objetivos claros: atingir 1,1 bilhão de kW de potência instalada em maquinaria agrícola e 75% de mecanização nas operações de preparo, plantio e colheita, com metas diferenciadas por região e tipo de **produção**⁹. Os subsídios diretos para aquisição de maquinaria constituem o principal instrumento de política, com o governo tendo alocado cerca de 11,48 bilhões de yuans em 2020 para beneficiar 1,21 milhão de residências rurais na compra de 1,41 milhão de máquinas. Em 2025, esses subsídios foram expandidos para incentivar a substituição de equipamentos obsoletos, elevando o valor máximo para colheitadeiras de algodão de 60 mil para 80 mil yuans por unidade. As máquinas elegíveis devem constar em catálogo nacional e cumprir requisitos técnicos rigorosos de certificação de segurança e qualidade, demonstrando controle estatal sobre todo o processo de modernização e buscando garantir segurança alimentar e autossuficiência tecnológica.

A União Europeia implementa a política mais abrangente e integrada comparativamente à China e aos EUA, utilizando múltiplos instrumentos coordenados através da Política Agrícola Comum (PAC) 2023-2027 e regulações técnicas rigorosas. O principal mecanismo de financiamento é o “Fonds européens agricole pour le développement rural” (Feader), que subsidia entre 40% e 60% dos investimentos em maquinaria para agricultores individuais, podendo atingir 75% a 80% em zonas desfavorecidas ou para jovens agricultores, condicionando o acesso ao cumprimento de metas ambientais. O marco regulatório técnico inclui três pilares fundamentais: o Regulamento de Máquinas 2023/1230 (aplicável a partir de 2027), que estabelece padrões rigorosos de segurança e ergonomia; a norma de emissões Stage V, que exige motores mais limpos com sistemas de pós-tratamento; e a regulamentação de pulverizadores, que promove controles eletrônicos e certificações para reduzir o uso de pesticidas em 50% até 2030. Adicionalmente, programas de fomento à inovação como **Horizon Europe**¹⁰, **Digital Europe Programme**¹¹, **EIP-Agri**¹² e **Digital Innovation Hubs**¹³ financiam projetos que incluem desde tratores autônomos até robôs agrícolas e eletrificação de equipamentos.

⁹Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China (MARA). *14th Five-Year Plan for Agricultural Mechanization (2021–2025)*, publicado em 27 de dezembro de 2021. Disponível em: http://english.moa.gov.cn/news_522/202201/t20220111_300773.html.

¹⁰ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en

¹¹ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/activities/digital-programme>

¹² https://eu-cap-network.ec.europa.eu/projects_fr

¹³ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/edihs>

Comparativamente, as políticas dos três países considerados apresentam ênfases distintas, mas complementares. Os EUA privilegiam incentivos fiscais e depreciação acelerada combinados com foco em inovação e agricultura de precisão, mantendo regulação ambiental rigorosa, mas permitindo maior flexibilidade de mercado. A China adota abordagem dirigista com subsídios diretos massivos, metas quantitativas específicas e controle estatal rigoroso através de catálogos nacionais e certificações obrigatórias, visando transformação estrutural rápida de um modelo intensivo em trabalho para agricultura mecanizada. A União Europeia apresenta o modelo mais sofisticado, integrando subsídios condicionados a performance ambiental, regulações técnicas progressivamente mais estritas (Stage V, Regulamento de Máquinas), e visão holística que posiciona a maquinaria como instrumento central do **Pacto Ecológico Europeu**¹⁴ e da estratégia **Farm to Fork**¹⁵. Enquanto os instrumentos norte-americanos focam em competitividade e inovação, os chineses se destacam em volume e autossuficiência, ao passo que os europeus se voltam para sustentabilidade e transição verde. Ao fim, no geral, em todos a promoção da agricultura de precisão, a digitalização e a redução de emissões figuram como tendências centrais até 2030.

¹⁴ <https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/european-green-deal/>

¹⁵ https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en

7. Políticas para tratores na Europa, Estados Unidos, China e Índia

A distinção entre tratores acima e abaixo de 37 kW funciona como divisor regulatório central considerando as quatro principais regiões analisadas, embora com abordagens significativamente diferentes.

Na União Europeia, o Regulamento 2016/1628 (Estágio V) aplica os mesmos padrões rigorosos para ambas as faixas de potência, exigindo filtros de partículas e catalisadores mesmo para tratores menores especializados em pomares e vinhedos, com apoio financeiro seletivo através dos planos estratégicos da PAC, que favorecem, sobretudo, equipamentos acima de 37 kW por representarem maior impacto produtivo e compatibilidade com agricultura de precisão.

Nos Estados Unidos, a regulação é mais fragmentada: tratores acima de 37 kW enfrentam normas Tier 4 rigorosas, com sistemas avançados de pós-tratamento, e são alvos prioritários de programas estaduais como o Carl Moyer (Memorial Air Quality Standards Attainment Program) iniciado em 1998 na **Califórnia**¹⁶, enquanto, historicamente, os tratores de menor potência sofreram regulação ambiental mais branda, com modernização dirigida principalmente por normas de segurança ocupacional.

Na China, o Padrão China IV implementa controle progressivo com subsídios diferenciados: tratores abaixo de 37 kW recebem apoio para expandir mecanização inicial entre pequenos produtores, enquanto os equipamentos de potência maior têm tetos de subsídio mais elevados para equipamentos “inteligentes” e fiscalização mais rigorosa com rastreamento digital obrigatório.

A Índia historicamente excluiu tratores abaixo de 37 kW (maioria da frota nacional) da norma Bharat Stage IV aplicável desde 2020, que estabeleceram limites mais rigorosos para poluentes atmosféricos como NOx, com subsídios de 40-50% focados em acessibilidade para pequenos agricultores, enquanto a regulação BS IV é obrigatória para equipamentos maiores usados em **agricultura empresarial**¹⁷.

¹⁶ <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/carl-moyer-memorial-air-quality-standards-attainment-program>

¹⁷ <https://theicct.org/publication/direct-progression-from-bharat-iv-to-bharat-vi-national-vehicle-emission-standards-in-india>

Os incentivos financeiros refletem essas distinções regulatórias com padrões diferenciados por região. A União Europeia utiliza o Feader, condicionando apoio ao alinhamento com modernização e ação climática, o que resulta em rápida difusão de tratores Estágio V em todas as faixas através de pressão regulatória uniforme complementada por apoio financeiro seletivo. Os Estados Unidos dependem fortemente de incentivos fiscais federais (depreciação acelerada) que beneficiam operações empresariais com tratores de maior porte e são complementados por programas estaduais de qualidade do ar focados em renovação de equipamentos poluentes acima de 37 kW, resultando em modernização heterogênea geograficamente. A China opera o Programa Nacional de Subsídios à Compra de Máquinas Agrícolas em escala massiva desde meados dos anos 2000, com subsídios diretos cobrindo porcentagem do preço e tetos diferenciados que impulsionam simultaneamente mecanização básica e modernização ambiental, com incentivos provinciais reforçando objetivos de produtividade e redução de emissões especialmente acima de 37 kW. A Índia oferece subsídios substanciais (40-50% do custo) focados em pequenos e médios agricultores, complementados por centros de prestação de serviços mecanizados que permitem acesso sem propriedade individual, embora a modernização ambiental avance mais lentamente abaixo de 37 kW devido à priorização da expansão da mecanização sobre conformidade.

Da comparação internacional emergem três padrões fundamentais de política relativos ao segmento de tratores. Primeiro, a calibragem regulatória demonstra que regulação por faixas de potência permite ajustar a velocidade e a intensidade da transição tecnológica, mas isenções permanentes ou prolongadas para tratores menores criam risco significativo de cristalização de grandes estoques poluentes, especialmente na Índia e China, onde esse segmento domina a frota. Segundo, o alinhamento de incentivos revela que a efetividade de subsídios depende crucialmente de condicionamento à conformidade com padrões recentes de emissões, ao invés de simplesmente subsidiar qualquer aquisição independente de desempenho ambiental — a União Europeia exemplifica essa abordagem com maior sucesso. Terceiro, a conformidade digital está se tornando ferramenta essencial para garantir que regulação se traduza em mudança efetiva da frota em campo, o que é especialmente importante considerando a longevidade dos tratores, com a China liderando através de rastreamento obrigatório e monitoramento progressivo. O limiar de 37 kW atua consistentemente como um divisor, uma vez que tratores maiores são tratados como fontes de maior impacto ambiental e produtivo, sujeitos a normas mais rigorosas e incentivos direcionados à substituição, enquanto para os equipamentos abaixo desse limiar os enfoques divergem entre subsídios à mecanização (Índia e China), regulação uniforme (União Europeia) e fragmentação com ênfase em segurança ocupacional (Estados Unidos).

8. Implicações para políticas

Ao contrário da ideia de um “campo neutro”, o setor de máquinas agrícolas está imerso em uma densa trama de intervenções estatais. A frequência e a diversidade de medidas registradas pelo GTA sugerem que as principais economias administram ativamente as condições de concorrência no setor, orientando trajetórias tecnológicas ou moldando o acesso a mercados por meio de instrumentos regulatórios e comerciais.

São três as principais mensagens. Primeiro, o setor global de máquinas agrícolas é grande, intensivo em tecnologia, diversificado e estrategicamente concentrado, com economias desenvolvidas e poucos emergentes dominando produção e comércio. Segundo, a indústria brasileira mostra dinamismo e ganhos de produtividade, mas permanece relativamente marginal no comércio mundial e tecnologicamente dependente, apesar da existência de um conjunto de instrumentos de apoio em nível nacional. Terceiro, o setor é alvo de intervenção estatal ativa, porém diversificada em todo o mundo.

Para o Brasil, pode-se derivar pelo menos duas implicações. As análises mostram que competir como se os mercados fossem livres implica subestimar o papel da política industrial externa na estruturação da concorrência global. Além disso, evidenciam que, no desenho das estratégias nacionais para o setor, deve-se considerar não apenas as restrições internas, mas também o ambiente de políticas assimétricas criado pelas intervenções de outros países. Esse cenário vai exigir do Brasil estratégias mais explícitas e articuladas caso o país pretenda passar de potência essencialmente agroexportadora a ator industrial e tecnológico mais robusto em máquinas agrícolas.

DECARBONIZATION AND INDUSTRIAL POLICY:
CHALLENGES FOR BRAZIL

