

Ferreira, Zenaide Rodrigues; Vieira Filho, José Eustáquio Ribeiro

Working Paper

Sustentabilidade produtiva e efeito poupa-florestas na agricultura: Um comparativo internacional

Texto para Discussão, No. 2980

Provided in Cooperation with:

Institute of Applied Economic Research (ipea), Brasília

Suggested Citation: Ferreira, Zenaide Rodrigues; Vieira Filho, José Eustáquio Ribeiro (2024) : Sustentabilidade produtiva e efeito poupa-florestas na agricultura: Um comparativo internacional, Texto para Discussão, No. 2980, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília,
<https://doi.org/10.38116/td2980-port> ,
<https://hdl.handle.net/11058/13408>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/290146>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by/2.5/br/>

TEXTO PARA DISCUSSÃO

2980

**SUSTENTABILIDADE PRODUTIVA
E EFEITO POUPA-FLORESTAS
NA AGRICULTURA: UM
COMPARATIVO INTERNACIONAL**

**ZENAIDE RODRIGUES FERREIRA
JOSÉ EUSTÁQUIO RIBEIRO VIEIRA FILHO**

ipea

Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

2980

Rio de Janeiro, março de 2024

TEXTO PARA DISCUSSÃO

SUSTENTABILIDADE PRODUTIVA E EFEITO POUPA-FLORESTAS NA AGRICULTURA: UM COMPARATIVO INTERNACIONAL

ZENAIDE RODRIGUES FERREIRA¹
JOSÉ EUSTÁQUIO RIBEIRO VIEIRA FILHO²

1. Pesquisadora do Núcleo de Estudos de Economia Agrícola (ne2agro) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea); doutora em economia pela Universidade de Brasília (UnB); e professora de economia do Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais (Ibmecc) do Distrito Federal.
E-mail: zenaide.r.ferreira@gmail.com.

2. Técnico de planejamento e pesquisa na Dirur/Ipea; e professor do mestrado profissional em políticas públicas e desenvolvimento do Ipea.

Governo Federal

Ministério do Planejamento e Orçamento

Ministra Simone Nassar Tebet

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidenta

LUCIANA MENDES SANTOS SERVO

Diretor de Desenvolvimento Institucional

FERNANDO GAIGER SILVEIRA

**Diretora de Estudos e Políticas do Estado,
das Instituições e da Democracia**

LUSENI MARIA CORDEIRO DE AQUINO

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas

CLÁUDIO ROBERTO AMITRANO

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais,
Urbanas e Ambientais**

ARISTIDES MONTEIRO NETO

**Diretora de Estudos e Políticas Setoriais,
de Inovação, Regulação e Infraestrutura**

FERNANDA DE NEGRI

Diretor de Estudos e Políticas Sociais

CARLOS HENRIQUE LEITE CORSEUIL

Diretor de Estudos Internacionais

FÁBIO VÉRAS SOARES

Chefe de Gabinete

ALEXANDRE DOS SANTOS CUNHA

**Coordenador-Geral de Imprensa e
Comunicação Social (substituto)**

JOÃO CLAUDIO GARCIA RODRIGUES LIMA

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2024

Ferreira, Zenaide Rodrigues

Sustentabilidade produtiva e efeito poupa-florestas na agricultura : um comparativo internacional / Zenaide Rodrigues Ferreira, José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho. – Rio de Janeiro: Ipea, 2024.

46 p. : il., gráfs. – (Texto para Discussão ; n. 2980).

Inclui Bibliografia.

ISSN 1415-4765

1. Inovação. 2. Desenvolvimento Sustentável. 3. Produtividade.
4. Agropecuária. I. Vieira Filho, José Eustáquio Ribeiro.
- II. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. III. Título.

CDD 338.10981

Ficha catalográfica elaborada por Elizabeth Ferreira da Silva CRB-7/6844.

Como citar:

FERREIRA, Zenaide Rodrigues; VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. **Sustentabilidade produtiva e efeito poupa-florestas na agricultura** : um comparativo internacional. Rio de Janeiro : Ipea, mar. 2024. 46 p. : il. (Texto para Discussão, n. 2980). DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2980-port>

JEL: Q10; Q40; Q50.

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos).

Acesse: <https://repositorio.ipea.gov.br/>.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento e Orçamento.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

SUMÁRIO

SINOPSE	
ABSTRACT	
1 INTRODUÇÃO	6
2 METODOLOGIA	8
2.1 Objeto de pesquisa	8
2.2 Método analítico	12
3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	14
3.1 Diagnóstico produtivo e uso da terra	14
3.2 EPF e produção por emissão de GEE	23
3.3 PTF com emissões de GEE	32
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
REFERÊNCIAS	36
APÊNDICE.....	41

SINOPSE

Este estudo apresenta dois indicadores comparativos de sustentabilidade produtiva na agricultura. Diante da crescente demanda mundial por alimentos e considerando a centralidade dos principais países produtores e exportadores de produtos agropecuários do mundo, é importante identificar as economias que estão de fato comprometidas com o aspecto sustentável de sua produção. Um indicador é baseado no crescimento da produtividade total dos fatores (PTF), incluindo as emissões de gases de efeito estufa (GEE). O outro indicador é baseado no efeito de poupança florestal. Para comparação, foram selecionadas as dez principais economias agroexportadoras, a saber: Estados Unidos, Holanda, Brasil, Alemanha, França, Espanha, China, Itália, Canadá e Bélgica. Os resultados sugerem que é possível, simultaneamente, aumentar a produtividade agrícola e reduzir as emissões de GEE, protegendo florestas. Entre os países analisados, o Brasil liderou os indicadores propostos.

Palavras-chave: inovação; desenvolvimento sustentável; produtividade; agropecuária.

ABSTRACT

This study presents a comparative indicator of production sustainability in agriculture. Faced with the growing world demand for food and considering the centrality of the main producing and exporting countries of agricultural products in the world, it is important to identify the economies that are in fact committed to the sustainable aspect of their production. The indicator developed is based on the growth of total factor productivity (TFP), including greenhouse gas (GHG) emissions, a variable that directly reflects the sustainable trajectory of the agricultural sector. To complement the analysis, the indicator was also calculated based on the forest-saving effect. In this sense, for comparison, the ten main agro-exporting economies were selected, namely: United States, Holland, Brazil, Germany, France, Spain, China, Italy, Canada and Belgium. The results suggest that it is possible to simultaneously increase agricultural productivity, reduce polluting gas emissions and protect forests. Among the analyzed countries, Brazil led the standard indicators.

Keywords: innovation; sustainable development; productivity; agriculture.

1 INTRODUÇÃO

Os ganhos de produtividade na agropecuária são essenciais no debate de segurança alimentar e sustentabilidade ambiental.¹ Para que haja equilíbrio no mercado, o crescimento da oferta deverá ser superior à expansão da demanda. Enquanto o crescimento populacional estimula o aumento do consumo, o crescimento produtivo pressiona o uso dos recursos naturais. Quanto maior for a produtividade, maior será a produção, mais eficiente a alocação dos recursos e menor o preço dos alimentos. A eficiência produtiva está associada à sustentabilidade ambiental. De um lado, é possível produzir mais em uma mesma unidade de terra. De outro, pode-se economizar fatores escassos e evitar a abertura de novas áreas produtivas via desmatamento.

Dois importantes fatores que impulsionam a produtividade são a mudança tecnológica e o aumento da eficiência produtiva. Na agricultura não é diferente. Os ganhos de produtividade podem ser ainda maiores nas economias agroexportadoras, pois o progresso técnico é dependente de pesquisa adaptativa local e do avanço tecnológico do setor. Além disso, o aumento da eficiência produtiva relaciona-se ao advento de técnicas e práticas agrícolas comprometidas não só com o aumento do rendimento produtivo, mas também com o enfrentamento dos desafios da sustentabilidade dos recursos produtivos, especialmente os renováveis (Fishlow e Vieira Filho, 2020; Chaudhary e Kumar, 2020).

Essa evolução da moderna agricultura contrapõe-se veementemente à maioria dos modelos de desenvolvimento econômico de dois setores, que se dirigem à agricultura como um setor retardatário e dependente da compra de insumos tecnológicos (Lewis, 1954; Srinivas e Vieira Filho, 2015). Em uma visão setorial, classificar a agricultura como um setor retardatário é obsoleto. Ademais, como apontado por Fishlow e Vieira Filho (2020) e Srinivas e Vieira Filho (2015), a relação da produção agrícola com o uso de insumos não se dá por meio da dependência tecnológica, mas se refere à complementaridade setorial e à coevolução da produção agrícola e do desenvolvimento de novas tecnologias.²

1. Sustentabilidade definida no âmbito do uso e manejo de insumos relativamente escassos (incluindo recursos naturais), e da orientação da mudança tecnológica e institucional para o atendimento das necessidades humanas e fornecimento de produtos no presente sem comprometer o desenvolvimento e a produção econômica das gerações futuras. Para uma discussão mais detalhada sobre a abordagem conceitual, ver CMMAD (1991), FAO (1988) e Alvarez e Mota (2010).

2. Para um caso aplicado de evolução conjunta de diversos setores, confira o estudo de completude das cadeias agroindustriais de Lopes (2023).

Embora, de forma estilizada, seja evidente a relação que se estabelece entre avanço tecnológico, produtividade e sustentabilidade ambiental na agricultura, dimensionar essa relação, dentro de uma perspectiva agregada, é um grande desafio. Considerando-se a centralidade das principais economias produtoras de alimento no mundo, este estudo visa elaborar dois indicadores comparativos de sustentabilidade produtiva na agricultura. Estes indicadores buscam relacionar as dimensões da produtividade agrícola e da sustentabilidade ambiental, esta última medida em termos de emissões de GEE e pelo efeito poupa-florestas (EPF). As emissões de GEE pelos setores da agropecuária e da mudança no uso do solo podem refletir uma trajetória de sustentabilidade ambiental, enquanto o efeito poupador de florestas, resultante do uso de tecnologias, reflete uma contribuição para a redução de áreas desmatadas.

Para o comparativo, foram selecionadas as dez principais economias agroexportadoras do mundo, tendo como base os dados de comércio internacional da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (Food and Agriculture Organization – FAO). Em ordem crescente do *ranking* do valor das exportações agropecuárias, os países analisados foram: Estados Unidos, Holanda, Brasil, Alemanha, França, Espanha, China, Itália, Canadá e Bélgica. De acordo com a FAO (2014a), ações voltadas ao fomento de práticas sustentáveis no setor agropecuário são relevantes, especialmente em países emergentes e agroexportadores. O uso dos indicadores propostos permite, assim, identificar entre as economias relatadas quais estão verdadeiramente comprometidas com uma produção sustentável, pela ótica da redução das emissões de GEE. Para complementar a análise comparativa, foi calculado também o EPF, utilizado para mensurar a área poupada de terras como função do avanço tecnológico.

Em resumo, este trabalho apresenta três relevantes resultados: i) países que investem em tecnologias sustentáveis conseguem, simultaneamente, aumentar produtividade e diminuir emissões de GEE; ii) o Brasil, entre os países comparados, apresentou melhores indicadores de produtividade, o que, indiretamente, contribuiu para a sustentabilidade; e iii) o comparativo internacional pode auxiliar na construção de políticas tecnológicas regionais. Em conjunto, o financiamento de tecnologias sustentáveis contribui para garantir a segurança alimentar e o desenvolvimento sustentável.

Para elaborar o comparativo da produtividade entre os países selecionados e para apresentar indicadores de sustentabilidade, quatro seções são apresentadas, incluindo esta breve introdução. A seção 2 descreve a metodologia, apresentando o objeto de comparação, assim como o cálculo da produtividade com emissão de GEE e do EPF. A seção 3 apresenta a discussão dos resultados. Faz-se um diagnóstico

do setor agropecuário nos países selecionados, apresentando os indicadores de produtividade com emissões e do EPF. Por fim, seguem as considerações finais e sugestões de políticas públicas.

2 METODOLOGIA

2.1 Objeto de pesquisa

Foram selecionadas as dez principais economias agroexportadoras do mundo nos últimos dez anos. Estes países se destacam na produção e no comércio mundial de alimentos. Em ordem crescente do *ranking* do valor das exportações agropecuárias, os países analisados foram: Estados Unidos, Holanda, Brasil, Alemanha, França, Espanha, China, Itália, Canadá e Bélgica (ver tabela 1).

Exceto Brasil e China, que são economias emergentes, os demais países incluem economias industrializadas, assim como aquelas em transição, tal como definidas pelas Nações Unidas (UNCC, 2022). Brasil e China pertencem ao grupo de países em desenvolvimento, que são reconhecidos pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC) como especialmente vulneráveis aos impactos adversos das mudanças climáticas. A convenção enfatiza atividades voltadas a atender às necessidades e preocupações especiais desses países, como investimentos, seguros e transferência de tecnologia.

Segundo as informações de comércio internacional (FAO, 2021), observa-se que os países que mais exportam produtos agropecuários também estão entre os principais importadores deste setor, especialmente a China, a primeira no *ranking* mundial das importações de produtos agropecuários, seguida dos Estados Unidos e da Alemanha. O Brasil, por sua vez, foi o país com menor valor de importações agrícolas, movimentando em torno de US\$ 12,4 bilhões em 2021, o que o colocou em primeiro lugar no *ranking* mundial da balança comercial do setor agropecuário.

TABELA 1
Estatísticas do comércio internacional do setor agropecuário para os dez principais países agroexportadores (2021)

País	Exportações		Importações		Balança comercial		Exportações agro no total		Importações agro no total		Participação no PIB (%)	
	Agro ¹	Rank	Agro	Rank	Agro	Rank	agro no total exportado (%)	Rank	agro no total importado (%)	Rank	Exportações agro	Importações agro
Estados Unidos	173,7	1	172,4	2	1,3	32,0	9,9	32,0	5,9	32,0	0,7	0,7
Holanda	114,0	2	78,6	4	35,4	2,0	13,6	2,0	10,4	2,0	11,3	7,8
Brasil	101,6	3	12,4	34	89,2	1,0	36,1	1,0	5,3	1,0	6,3	0,8
Alemanha	87,1	4	104,9	3	-17,8	174,0	5,3	174,0	7,4	174,0	2,0	2,5
França	76,5	5	63,7	7	13,0	15,0	13,1	15,0	8,9	15,0	2,6	2,1
Espanha	63,5	6	39,5	10	24,0	5,0	16,6	5,0	9,5	5,0	4,4	2,8
China	54,6	7	157,9	1	-103,4	179,0	3,0	179,0	9,0	179,0	1,0	1,0
Itália	59,4	8	49,1	8	10,3	14,0	9,7	14,0	8,8	14,0	2,8	2,3
Canadá	58,9	9	40,1	9	18,9	10,0	11,6	10,0	8,0	10,0	3,0	2,0
Bélgica	50,9	10	44,2	11	6,7	16,0	9,3	16,0	8,7	16,0	8,6	7,4

Fonte: FAO (2021); World Bank (2021).

Elaboração dos autores.

Nota: ¹ Em bilhões de US\$ FOB.

Obs.: PIB = produto interno bruto.

Em termos de participação, considerando-se o total do valor exportado, o Brasil foi o país com maior participação do setor agropecuário nas exportações totais (36,1%). Essa participação foi, em média, próxima a de países como Argentina, Indonésia e Ucrânia, importantes produtores mundiais de grãos (FAO, 2021). Em relação ao PIB, a participação das exportações de produtos agrícolas foi igual a 6,3% no Brasil, inferior aos percentuais da Holanda (13,6%) e da Bélgica (8,6%). Estes dois países foram os que reportaram as maiores participações das importações do setor agropecuário no PIB, entre 7,0% e 8,0%. No Brasil, esse percentual foi inferior a 1,0%.

No âmbito dos produtos transacionados, destacam-se carnes, leites e derivados, grãos, cereais, vegetais hortícolas, frutas e preparações alimentícias (ou alimentos processados). Os produtos de maior valor produtivo são, no geral, os mais apreciados na pauta de exportação agropecuária de cada país.³ O gráfico 1 mostra as estatísticas comerciais dos países analisados. Ademais, pelos dados da FAO (2021), é possível extrair informações mais desagregadas do mercado. Os países agroexportadores da Europa transacionaram a maior parte dos produtos agropecuários dentro do próprio continente, com exceção das importações da Holanda e da Espanha. Nesses países, aproximadamente 20% das importações de produtos agropecuários vieram da América do Sul, lideradas por remessas do Brasil e da Argentina.

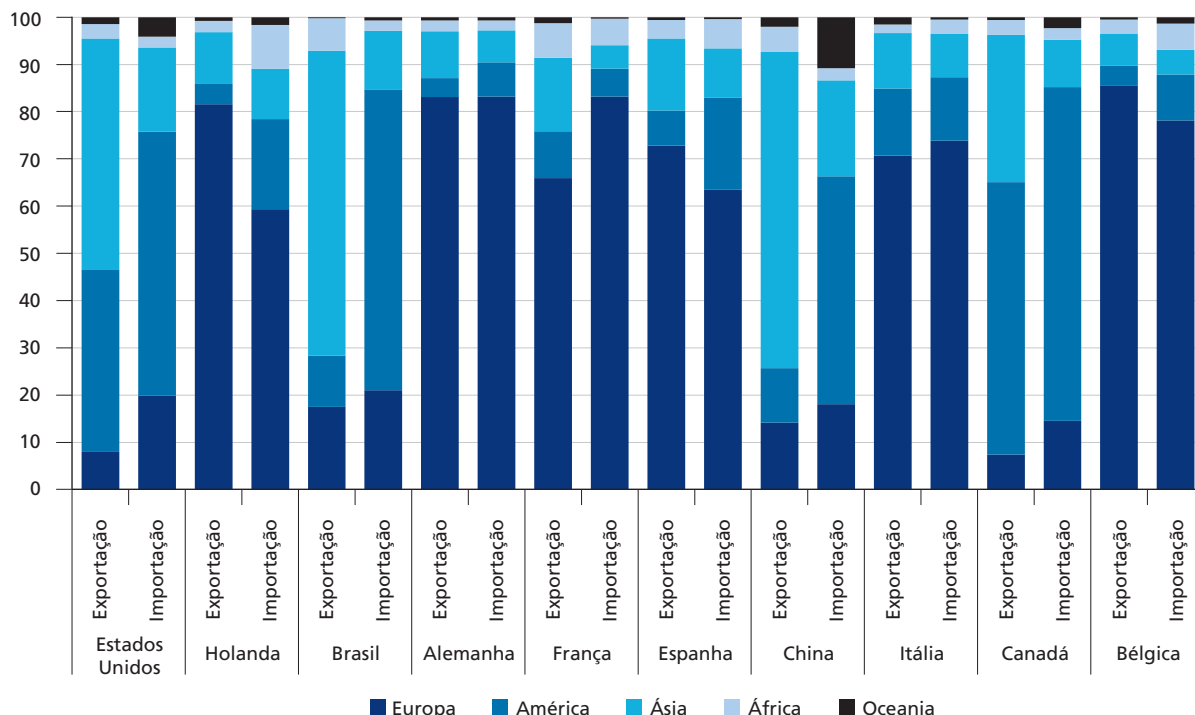
No Brasil, destacaram-se as exportações de soja para a Espanha, enquanto, na Argentina, a exportação de carne bovina para o mercado holandês. Nos demais países, as remessas brasileiras de carne bovina e grãos foram, em média, inferiores a 5% do valor exportado da agropecuária. Em outras palavras, como visto nos dados da FAO (2021), há pouca importação europeia de produtos nacionais, muito em função de protecionismo e de barreiras comerciais.

Estados Unidos e Canadá também transacionam boa parte do comércio de produtos agropecuários entre si. O mercado bilateral concentra nos produtos como soja, carne bovina, milho e trigo. Nesse sentido, também se destacam as remessas de grãos e carne bovina desses dois países feitas para o México e alguns países asiáticos, como Japão, Coreia do Sul e Coreia do Norte.

3. A lista completa dos produtos que compõem 50% dos valores exportados e importados desse setor em cada país pode ser consultada no quadro A.1 do apêndice.

GRÁFICO 1**Participação das exportações e importações do setor agropecuário de cada país nos principais continentes do mundo (2021)**

(Em %)



Fonte: FAO (2021).

Elaboração dos autores.

O Brasil, por sua vez, tem como maior destino comercial o mercado asiático, que respondeu por 64% do valor das exportações agropecuárias nacionais em 2021. A China foi o maior comprador dos produtos brasileiros, com ênfase em grãos e carne bovina. As exportações de trigo e milho foram menos concentradas, expandindo-se para países como Japão, Vietnã, Indonésia, Tailândia e outros países asiáticos. Do lado das importações brasileiras, 63% do valor dos produtos agropecuários, especialmente carnes e grãos, foram de origem argentina e paraguaia (FAO, 2021).

Com relação à China, as exportações de produtos agrícolas tiveram como principal destino o próprio continente asiático, compreendendo 66% do valor das exportações desse país. Os principais destinos foram Hong-Kong, Japão, Vietnã, Coreia do Sul e do Norte, assim como Tailândia, que juntos perfizeram 43% do valor exportado de produtos agropecuários. Já as importações foram originadas da América, principalmente do Brasil e dos Estados Unidos, tendo este último menor participação para carne bovina e soja (FAO, 2021).

2.2 Método analítico

2.2.1 EPF

Utilizado para medir a área poupada de terras como uma função do avanço tecnológico, o EPF também é apresentado. Para mensurá-lo, tal como Martha Júnior, Alves e Contini (2012), Vieira Filho (2017) e Alcântara, Vieira Filho e Gasques (2021), é preciso computar a produtividade parcial da terra (rendimento agrícola) e a produtividade parcial da pecuária (que depende da taxa de lotação e do peso carcaça do animal). De um lado, a produtividade agrícola (A_a) pode ser mensurada pela divisão da produção (P) pela área plantada (L).

$$A_a = \frac{P}{L} \quad (1)$$

De outro, a produtividade pecuária (A_l) é calculada pela multiplicação do peso carcaça do animal (G) pela taxa de lotação (S). A taxa de lotação é o quociente entre o número de animais do rebanho (A_n) pela área de pastagens (L). O peso carcaça é encontrado pela divisão entre produção (P) e efetivo de animais (A_n). Assim, a produtividade pecuária é dada por:

$$\text{em que } \begin{aligned} A_l &= G \cdot S \\ S &= A_n / L \text{ e } G = P / A_n \end{aligned} \quad (2)$$

Para calcular o EPF, foram utilizadas estatísticas oficiais da FAO (2021). O EPF deve refletir a mudança tecnológica ao longo do tempo. Para deixar claro, a adoção de tecnologia é capaz de economizar recursos escassos. Alternativamente, seria possível economizar terra, se houvesse um aumento da produção por unidade de insumo, o que evitaria o desmatamento. Este enfoque auxilia a compreender o uso sustentável dos insumos produtivos. Para mensurar esse efeito, a área poupada para produzir a quantidade de alimentos e de carnes, dada a tecnologia do passado, é dada por:

$$EPF_i = \left(\frac{P_{it}}{A_{i0}} \right) - L_{i1} \quad (3)$$

Então, o EPF apresenta o impacto da tecnologia na produção agropecuária ao longo do tempo, dividindo a quantidade produzida (P_t), em toneladas,⁴ no período final ($t=1$) pela produtividade do período inicial (A_{it}), de modo que ($t=0$; $i=\{a \text{ (agricultura); l (pecuária)}\}$), e subtraindo pela área utilizada no período corrente (L_1). Assim, é possível ter uma dimensão da área que deixou de ser desmatada para a produção agropecuária.

4. Para medida de produto na agricultura, foram utilizadas toneladas produzidas de grãos e oleaginosas, enquanto, na pecuária foram usados animais abatidos (bovinos) e peso da carcaça.

2.2.2 Cálculo da PTF com emissões de GEE

Conforme Vieira Filho (2017), uma forma de avaliar o papel da modernização sustentável do setor agropecuário é por meio da mensuração da PTF, considerando a evolução das emissões de GEE como um *input* negativo. O resultado dessa implementação pode ser utilizado como um indicador de sustentabilidade produtiva, tornando possível elencar os principais países agroexportadores analisados que, por meio da modernização de seus sistemas produtivos, obtiveram maior produtividade aliada à redução dos níveis de emissão de GEE.

Conforme Euclides Filho (2008), Martha Júnior, Alves e Contini (2012) e Vieira Filho (2017), os incrementos da produtividade pecuária estão relacionados, entre outros aspectos, aos avanços ocorridos em diversas áreas, tais como nutrição e melhoramento genético, manejo animal, qualidade de forrageiras e pastagens, bem como inovações em gestão. Do lado da agricultura, o crescimento da produtividade relaciona-se ao progresso da biotecnologia, do uso de insumos estratégicos, da fertilização e adubação, da adoção de máquinas e equipamentos agrícolas, bem como de inovações de processos.

Analicamente, a produção agropecuária (P) por unidade de emissão (E) é função dos fatores produtivos tradicionalmente utilizados, tais como terra (L), capital (K), trabalho (W) e insumos intermediários (I), como fertilizantes, pesticidas, medicamentos, entre outros. Assim, produção por unidade de emissão é dada por:

$$P/E = f(L, K, W, I) \quad (4)$$

As emissões entram no lado esquerdo da equação, pois se tratam de um insumo negativo, que não pode ser mensurado monetariamente. A partir dessa especificação, medir o crescimento da produção (G_P), exceto a taxa de crescimento das emissões (G_E), pode ser definida pelo somatório das taxas de crescimento dos insumos (G_i), ponderadas pelos custos de cada fator produtivo ($Sh_i; i = L, K, W, I$), somando a esse resultado um termo residual, referente ao crescimento da PTF (G_{PTF}). Esse termo refere-se à mudança do produto “não explicada” por mudanças nas quantidades dos fatores produtivos:

$$G_P - G_E = (\sum_{i=L}^I Sh_i G_i) + G_{PTF} \quad (5)$$

Manipulando algebricamente o resultado anterior, o crescimento da PTF do setor agropecuário é igual ao crescimento do produto subtraído das taxas de crescimento dos insumos ponderadas pelos seus custos relativos (G_I) e o crescimento das emissões (G_E). Desse modo, tem-se que:

$$G_{PTF} = G_P - (G_I + G_E) \quad (6)$$

Para mensuração da PTF com emissão para diferentes países, trabalharam-se dados de produtividade, de insumos e de emissões. Em relação à produtividade e aos insumos, as estatísticas foram obtidas junto ao estudo do Ministério da Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2022). Quanto às informações sobre emissões de GEE, os dados foram reportados pelo Banco Mundial (World Bank, 2020). O período estudado vai de 1990 até 2020.

3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 Diagnóstico produtivo e uso da terra

Esta seção procura traçar um diagnóstico produtivo do setor agropecuário nos países estudados. A produção foi categorizada em animal e vegetal, tendo como base a média do valor produzido pelo setor nos últimos dez anos.⁵ Essas estatísticas são apresentadas na tabela 2.⁶ A produção animal foi segmentada em produção de carnes, leite, ovos e outros. Já a produção vegetal foi decomposta em: i) produção de lavouras temporárias e permanentes: que incluem soja, milho, trigo, cana-de-açúcar, café, arroz e outros cereais, como cevada, centeio, sorgo e triticale; ii) frutas, vegetais e tubérculos, incluindo frutas no geral, vegetais hortícolas e legumes; e iii) outros óleos não processados, outras culturas oleaginosas, nozes etc.

5. Exclui a contabilidade de produtos da agroindústria rural ou de origem processada, como queijos, azeites etc.

6. Os dados apresentados em diante são referentes a 2020, pois para realização dos indicadores propostos era necessário reunir a maior quantidade de informações disponíveis para todos os países, sendo que 2021 apresentou informações faltantes para certos países.

TABELA 2
Participação da produção animal e vegetal no valor da produção total do setor agropecuário por países (2020)
 (Em %)

País	Total (A) ²	Produção animal					Produção vegetal			
		Carnes	Leite	Ovos	Outros	Total (B) ²	Lavouras	Vegetais e frutas	Outros	
Estados Unidos	38	53	37	10	-	62	57	29	13	
Holanda	54	-1	88	12	-	46	11	88	1	
Brasil	42	76	17	7	-	58	70	19	11	
Alemanha	62	53	42	4	1	38	45	35	21	
França	42	56	39	5	-	58	32	57	12	
Espanha	32	64	26	9	1	68	14	63	24	
China	28	79	6	8	8	72	34	53	13	
Itália	25	29	59	11	-	75	16	60	24	
Canadá	20	-	83	15	2	80	46	13	41	
Bélgica	49	55	42	3	-	51	12	77	10	

Fonte: FAO (2021).

Elaboração dos autores.

Notas: ¹ O símbolo - significa ausência de informação para variável no âmbito das tabelas de valor da produção da agricultura da FAO.

² A + B = 100.

A produção vegetal respondeu por mais da metade do valor produção agropecuária dos países, com exceção da Holanda e da Alemanha, que se destacaram pela produção animal. Na produção vegetal, a produção de lavouras foi predominante nos Estados Unidos e no Brasil, abrangendo, respectivamente, 57% e 70% da produção vegetal desses países, com destaque na produção de grãos. Alemanha e Canadá também se destacaram na produção de lavouras, especialmente pela produção de trigo e cereais, com ênfase na cevada no caso alemão. Nos demais países, destaca-se a produção de frutas, raízes, tubérculos e vegetais hortícolas, particularmente na Holanda, na Espanha, na Itália e na Bélgica, onde tal produção respondeu, em média, por 72% do valor da produção vegetal. Na produção animal, carne e leite são predominantes, exceto na Holanda, na Itália e no Canadá, onde a produção de leite e de ovos compuseram a maior parte do valor da produção animal.

De forma mais detalhada, iniciando com a produção vegetal, as estatísticas sobre a área colhida e produção agrícola estão detalhadas na tabela 3. Observa-se que o Brasil liderou o crescimento da área colhida e da quantidade produzida ao longo da última década, alcançando taxas médias de crescimento iguais a 3,8% e 5,6% ao ano (a.a.), respectivamente. Esses resultados decorrem do avanço da produção dos principais grãos, como soja e milho. O Canadá também experimentou taxa de crescimento positiva da produção e da área de lavouras em torno de 3,5% e 2,0% a.a., respectivamente, com destaque para soja e trigo.

Demais países reportaram decréscimo na área colhida, exceto China e Espanha, cujo crescimento foi inferior a 1%. Todavia, esses países tiveram bom desempenho no âmbito da quantidade produzida, reportando crescimento especialmente para as culturas de soja, milho e trigo. Para Alemanha e França, ressaltam-se os resultados obtidos no crescimento da área colhida e da produção de soja, especialmente na Alemanha, onde o avanço da produção e da área dessa cultura foi, em média, igual a 44% a.a..

TABELA 3
Área colhida e quantidade produzida para soja, milho, trigo e arroz (2020)

Variável	País					Taxa anual média de crescimento (2010-2020) (%)				
	Total	Soja	Milho	Trigo	Arroz	Total	Soja	Milho	Trigo	Arroz
Estados Unidos	86,5	33,3	33,4	14,9	1,2	-0,2	0,7	0,1	-2,6	-1,9
Holanda	0,2	-	0	0,1	-	-2	-	1,5	-3,4	-
Brasil	61,1	37,2	18,3	2,4	1,7	3,8	4,8	3,7	1,1	-4,7
Alemanha	6,1	0	0,4	2,8	-	-0,8	42,2	-1,1	-1,5	-
França	9,1	0,2	1,7	4,5	-	-0,3	13,9	0,7	-1,8	-4,6
Espanha	6,1	0	0,3	1,9	0,1	0,01	6,6	0,9	-0,2	-1,8
China	107,9	9,9	41,3	23,4	30,3	0,9	1,5	2,4	-0,4	0,1
Itália	3,3	0,3	0,6	1,7	0,2	-1,1	4,9	-4,2	-0,7	-0,9
Canadá	18	2	1,4	10	-	2,0	3,1	1,3	1,9	-
Bélgica	0,3	-	0,1	0,2	-	-0,7	-	-1,8	-0,7	-
Estados Unidos	547,4	112,5	360,3	49,7	10,3	1,1	2,2	1,3	-1,9	-0,7
Holanda	1,4	0	0,2	0,9	-	-2,7	-	-1,7	-3,8	-
Brasil	247,4	121,8	104	6,3	11,1	5,6	5,9	6,5	0,3	-0,1
Alemanha	43,4	0,1	4	22,2	-	-0,2	46,4	-0,5	-0,7	-
França	57,3	0,4	13,4	30,1	0,1	-1,4	11,2	-0,4	-2,3	-4,4
Espanha	27,3	0	4,2	8,1	0,7	3,2	9,8	2,4	3,2	-2,2
China	637,1	19,6	260,9	134,3	213,6	2,2	2,7	3,9	1,5	0,8
Itália	18	1	6,8	6,7	1,5	-0,6	6,2	-2,2	-0,2	-0,1
Canadá	71,4	6,4	13,6	35,2	0	3,5	3,6	1,2	4,2	-
Bélgica	2,6	0	0,4	1,7	-	-1,7	-	-5,6	-0,6	-

Fonte: FAO (2021).

Elaboração dos autores.

Obs.: O total compreende a produção de soja, milho, trigo, arroz, aveia, triticale, sorgo, centeio, cevada e outros cereais primários.

Na tabela 4, têm-se as estatísticas das produções de café e de cana-de-açúcar nos Estados Unidos, no Brasil e na China, únicos países do grupo produtores dessas *commodities*. Vale ressaltar que, além de maior produtor mundial de soja, o Brasil foi o maior produtor mundial de café e cana-de-açúcar, segundo dados da FAO (2021). Observa-se que, no Brasil, embora tenha ocorrido redução na área colhida de café de 1,3%, a sua produção aumentou em 2,4% a.a. na última década. Esse aumento só não foi maior do que o reportado pela China (8,7%), enquanto os Estados Unidos reduziram sua produção em 6,9%. A China expandiu de forma significativa a produção de café na última década, com taxa igual a 3,7% a.a.. Nos Estados Unidos, esse valor foi inferior a 1,0%.

TABELA 4

Área colhida e quantidade produzida de café em grão e cana-de-açúcar no Brasil, na China e nos Estados Unidos (2020)

Produto	País	Área colhida (milhões de hectares)	Produção (milhões de toneladas)	Taxa anual média de crescimento (2010-2020) (%)	
				Área colhida	Produção
Café	Brasil	1,9	3,7	-1,3	2,4
	China	0,04	0,1	3,7	8,7
	Estados Unidos	0,003	0,002	0,8	-6,9
Cana-de-açúcar	Brasil	10,0	757,1	1,0	0,5
	China	1,4	108,7	-2,1	-0,3
	Estados Unidos	0,4	32,7	0,8	2,8

Fonte: FAO (2021).

Elaboração dos autores.

Para cana-de-açúcar, os Estados Unidos apresentaram a maior taxa de crescimento da produção, igual a 2,8%, enquanto o Brasil avançou mais em termos de área colhida. Já a China, embora tenha produção maior em números absolutos que Estados Unidos, apresentou decréscimo em termos de produção e de área colhida. Como apontado por Vieira Filho (2022), a cana-de-açúcar é uma cultura de cadeia de valor muito relevante para o Brasil, pois é a matéria-prima na produção de etanol. Nos Estados Unidos, maior produtor mundial de etanol, a produção biocombustíveis é à base de milho. Entre os países europeus, tal produção é obtida a partir do trigo, da beterraba, bem como do milho.

A tabela 5 traz as estatísticas da produção de bovinos. Observa-se que o Brasil se destacou com o maior rebanho entre os países analisados, seguido dos Estados Unidos e da China. Na última década, houve crescimento de 0,4% no rebanho bovino brasileiro. A China teve uma queda de 1,2% do tamanho do rebanho, mas aumentou em 0,5% o abate animal. No mercado chinês, há muita importação de animais vivos. O abate de animais no Brasil teve uma queda de 2,7%; no entanto, houve um aumento da taxa de crescimento do peso-carcaça dos animais de 3,9%, o maior observado entre os demais países. Embora tenha sido observado um crescimento do rendimento, o Brasil foi o terceiro país em termos absolutos do peso-carcaça, sendo Estados Unidos e Canadá os países com maior desempenho observado.

Quanto às pastagens e à taxa de lotação, observa-se que a Holanda e a Bélgica se destacaram, indicando produção mais intensiva da pecuária. Importante ressaltar que, nesses países, a pecuária leiteira é intensiva e bastante expressiva, o que pode influenciar nas taxas de lotação. Brasil e Alemanha foram os únicos países a reportarem crescimento nas áreas de pastagem, com resultado igual a 0,2% a.a.. No Brasil, esse movimento foi simultâneo a um aumento na taxa de lotação. Itália e Espanha apresentaram os melhores indicadores de produção intensiva, com crescimento anual do número de cabeças por hectare da ordem de 1,7% e 2,8%, respectivamente. No Brasil, o aumento da área se relaciona ao plantio e recuperação de pastagens.

TABELA 5
Rebanho (milhões de cabeças), número de cabeças abatidas (milhões de cabeças), peso-carcaça (quilo por carcaça), área de pastagem (milhões de hectares) e taxa de lotação (milhões de cabeças por área de pastagem) de bovinos (2020)

País	Rebanho					Taxa anual média de crescimento (2010-2020) (%)				
	Rebanho	Abates	Peso-carcaça	Pastagem	Lotação	Rebanho	Abates	Peso-carcaça	Pastagem	Lotação
Estados Unidos	93,8	33,4	370,4	245	0,4	0,0	-0,6	1,0	-0,5	0,0
Holanda	3,7	2,1	207,2	1	4,8	-0,7	0,2	0,9	-0,5	-0,2
Brasil	218,2	29,9	337,9	173	1,3	0,4	-2,7	3,9	0,2	0,2
Alemanha	11,3	3,3	332,5	5	2,4	-1,2	-1,5	0,5	0,2	-1,4
França	17,8	4,5	319,8	10	1,9	-0,9	-1,4	0,8	-0,0	-0,9
Espanha	6,6	2,4	279,8	9	0,7	0,9	0,5	0,6	-0,8	1,7
China	61,1	40,9	148	393	0,2	-1,2	0,5	0,1	-0,0	-1,2
Itália	6,4	2,7	271,8	4	1,7	0,5	-3,5	-0,3	-2,3	2,8
Canadá	11,3	3,5	390,5	19	0,6	-1,2	-0,6	1,7	-0,5	-0,6
Bélgica	2,3	0,8	325,2	0,5	4,9	-1,0	-0,6	-0,4	-4,8	-0,6

Fonte: FAO (2021).

Elaboração dos autores.

TEXTO para DISCUSSÃO

Quanto à produção leiteira, os resultados estão reportados na tabela 6. Os Estados Unidos foram o maior produtor, bem como apresentaram o maior rendimento produtivo por vaca leiteira, igual a 10,5 t. China e Brasil ocupam as colocações subsequentes, tendo rendimento igual a 0,6 t e 1,7 t, respectivamente. O rendimento por animal comparado por área de pasto é superior nos países em que o setor produtor de lácteos é o mais importante para as exportações, especificamente para Holanda, Alemanha, Bélgica e Canadá.

Exceto na China, a produção de leite cresceu nos últimos anos, sendo a Bélgica o país com a maior taxa de crescimento anual, igual a 3,5%. Observa-se ainda que o crescimento da produção não esteve diretamente associado a um aumento proporcional do rebanho leiteiro. No geral, nos países com maior rendimento produtivo, medido por vaca de leite, o desvio da taxa de crescimento do rebanho leiteiro *vis-à-vis* a taxa de crescimento da produção foi superior aos demais países analisados, indicando avanços tecnológicos no setor.

TABELA 6

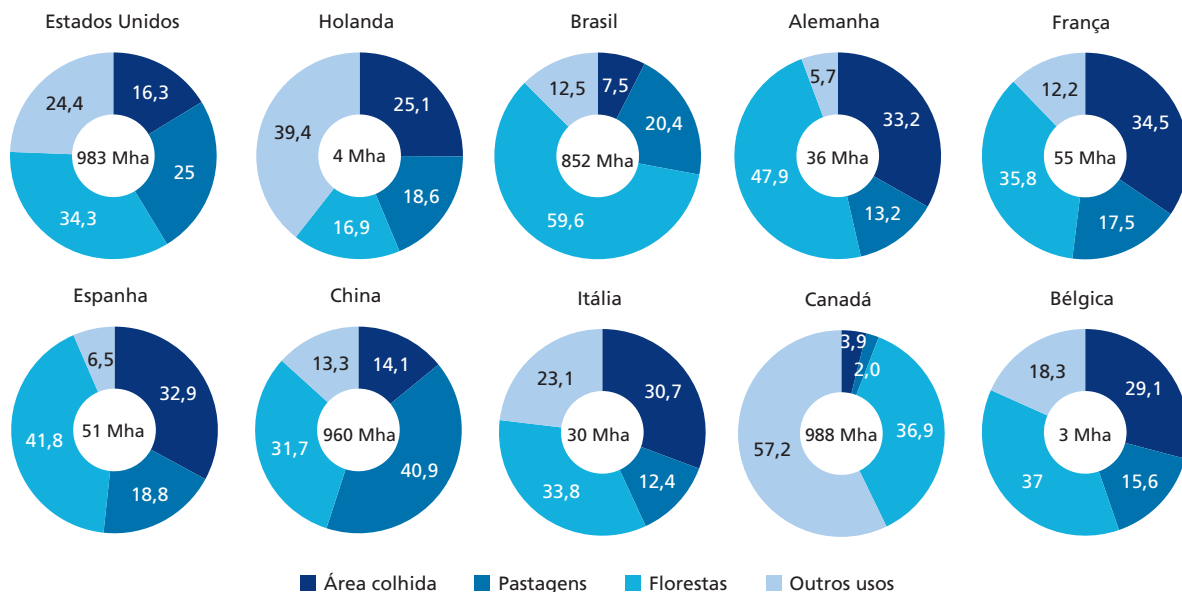
Vacas de leite, produção, rendimento por vacas e por pasto (2020)

País	Vacas de leite (milhões de cabeças)	Produção (milhões de toneladas)	Milhões de toneladas por vacas	Milhões de toneladas por pasto	Taxa anual média de crescimento (2010-2020) (%)	
					Vacas de leite	Produção
Estados Unidos	9,6	101,3	10,5	0,4	0,1	1,3
Holanda	2,1	14,9	7,1	19,3	1,6	2,4
Brasil	21,8	36,8	1,7	0,2	-2,3	1,3
Alemanha	4,0	33,2	8,3	7,0	-0,4	1,1
França	6,3	26,2	4,2	2,7	0,3	0,7
Espanha	5,1	8,7	1,7	0,9	-0,4	1,4
China	63,2	39,2	0,6	0,1	-1,2	-1,1
Itália	7,8	13,5	1,7	3,6	-0,5	1,8
Canadá	1,0	9,3	9,5	0,5	0,1	1,9
Bélgica	0,6	4,5	8,2	9,4	0,7	3,5

Fonte: FAO (2021).

Elaboração dos autores.

Em termos do uso do solo, o gráfico 2 mostra a parcela das áreas de produção agrícola, pecuária e de florestas em relação ao território nacional. Quanto às terras agrícolas, o Brasil tem uma das menores parcelas destinada à produção agrícola (7,5% do território nacional), ficando atrás apenas do Canadá (3,9%). Em termos de pastagens, o Brasil apresentou percentual de 20,4%.

GRÁFICO 2**Participação percentual do uso da terra em agricultura, pecuária e florestas em relação à área territorial dos países selecionados (2020)**

Fonte: FAO (2021).

Elaboração dos autores.

Em relação às áreas de florestas nativas e plantadas, o Brasil foi o país com a maior proporção de terras preservadas, equivalendo a 60% de todo o seu território em 2020. Nos demais países da Europa, esse percentual foi, em média, igual a 39%, exceto na Holanda, onde esse resultado foi inferior a 20%. Nos Estados Unidos, na China e no Canadá, esse percentual ficou em torno de 35%.

Em relação às florestas nativas, os dados da FAO (2021) mostram uma redução de 0,5% a.a. dessas áreas no Brasil, simultaneamente a um crescimento das florestas plantadas, que foi igual a 5,8% a.a., de 2000 a 2020. Esse resultado foi o maior entre os países analisados, seguido pelo Canadá (3,4%) e pela França (2,2%). Nos demais países, as áreas de florestas nativas mantiveram-se estáveis, crescendo a uma taxa igual ou inferior a 1,0% a.a. no mesmo período.

Verificou-se, entretanto, que, desde 2004, o desmatamento vem diminuindo no Brasil. Esse movimento foi influenciado pela criação do Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM). A maior fiscalização do poder público, aliada à pressão da sociedade civil organizada (moratória da soja e ações para responsabilizar a produção pecuária em áreas desmatadas), contribuiu para a redução do desflorestamento na Amazônia Legal (Barreto e Araújo, 2012; Cepal, 2011; Inpe, 2023).

Essa iniciativa foi essencial para criar um ponto de inflexão e uma trajetória de queda nas taxas de desmatamento da Amazônia Legal desde então, como se verifica no relatório do Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2016) e em Vieira Filho (2016).

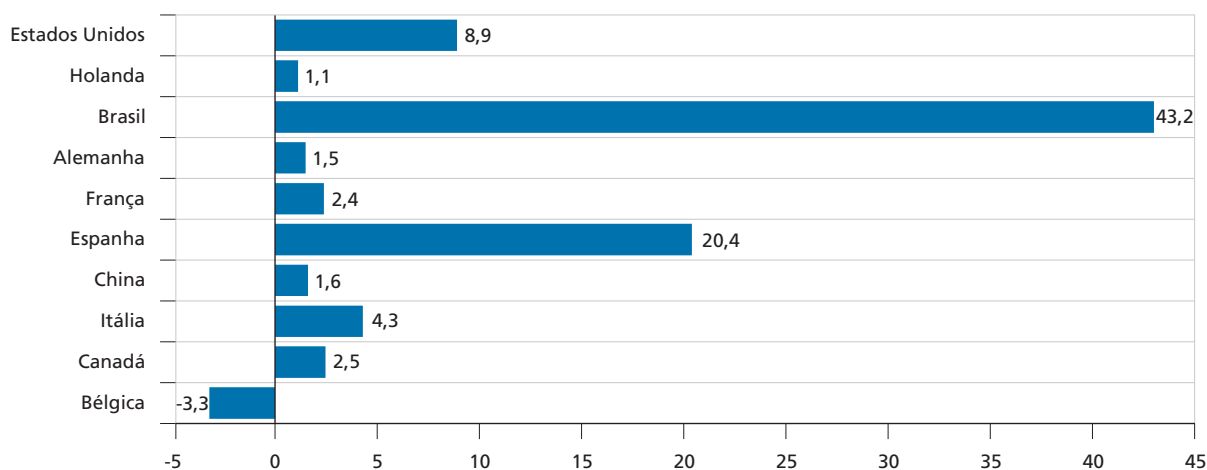
No âmbito do cerrado, o monitoramento do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (Inpe) mostrou também tendência de redução nas taxas de desmatamento desse bioma a partir de 2004, intensificada a partir de 2015 (Maurano, Almeida e Meira, 2019; Inpe, 2023).

Cabe observar que, segundo dados do Inpe (2023), o desmatamento absoluto, no bioma amazônico, no Brasil, de 2005 a 2022, foi de 16,8 milhões de hectares, ou 1,9% do território nacional. Contudo, segundo a FAO (2023), o plantio de florestas (silvicultura), em 2021, representava 11,6 milhões de hectares, concentrando-se em sua maioria nas regiões Sudeste e Sul (IBGE, 2017). De 2012 a 2022, a taxa de desmatamento no bioma amazônico se elevou; porém, nada que possa ameaçar a destruição da floresta, ou que possa se relacionar com a produção agropecuária, já que esta é cada vez mais intensiva em tecnologia.

3.2 EPF e produção por emissão de GEE

As estatísticas mencionadas até aqui indicam que o Brasil é exemplo na preservação, mesmo tendo um crescimento agropecuário sólido e uso relativamente baixo da terra, que incorpora pastagens e área plantada. Outra forma de verificar essa *performance* é através do EPF, um índice de impacto da mudança técnica da produção agropecuária. Esse indicador mostra a extensão de terra poupada decorrente do avanço tecnológico ocorrido na produção agropecuária.

Para os países analisados, o EPF está reportado no gráfico 3. A preeminência do Brasil entre os países estudados é evidente. Para fins de interpretação, se o Brasil tivesse que produzir a mesma quantidade de alimentos com a tecnologia de 1990, seria necessário ocupar mais de 366 milhões de hectares, ou o equivalente a 43% do território nacional. Esse resultado se deve aos ganhos de produtividade na agropecuária brasileira. A Espanha ficou em segundo lugar (com 20,4% do território), seguida dos Estados Unidos (8,9%) e da Itália (4,3%). O restante dos países apresentou indicadores bastante inferiores. No caso da Bélgica, houve um efeito contrário e, portanto, negativo. O retrocesso belga também foi observado no decréscimo da PTF nesse mesmo período.

GRÁFICO 3**Parcela do EPF nos países selecionados: contribuições agropecuárias (2020)**
(Em %)

Fonte: FAO (2021).

Elaboração dos autores.

O EPF revela contribuições importantes do avanço tecnológico. Indiretamente, a adoção de tecnologias contribuiu para evitar o desmatamento, que interfere nas emissões geradas pelas mudanças no uso da terra, setor conhecido pela sigla LULUCF.⁷ As emissões relacionadas às mudanças do uso da terra são reconhecidas como fonte líquida significativa de GEE na atmosfera, especialmente entre os países menos desenvolvidos (UNCC, 2022).

Alterações nas atividades que envolvem mudança do uso da terra relacionadas, por exemplo, à regeneração de florestas nativas ou aumento de florestas plantadas, no entanto, têm papel importante na mitigação, que pode ser alcançada por meio da valorização de “sumidouros” e reservatórios de GEE. Os sumidouros se constituem por atividades que podem aumentar as remoções de GEE da atmosfera ou que diminuem as emissões, interrompendo a perda de estoques de carbono. Os reservatórios de GEE são responsáveis pela acumulação de CO₂ atmosférico na vegetação e nos solos dos ecossistemas terrestres (UNCC, 2022).

Nesse sentido, atividades de manutenção da cobertura vegetal, reflorestamento, manejo florestal, recuperação de áreas degradadas, incluindo pastagens, são desejáveis para preservar ou aumentar os estoques de carbono florestal, contribuindo para os objetivos de mitigação. Essas ações envolvem uma modernização completa do setor

7. *Land use, land-use change and forestry.*

TEXTO para DISCUSSÃO

produtivo. Assim, o dinamismo produtivo se associa diretamente à manutenção da sustentabilidade ambiental da atividade setorial.⁸

No Brasil, as emissões de GEE originadas pela mudança do uso da terra tem participação significativa nas emissões totais, se comparadas aos demais países analisados. A tabela 7 apresenta as emissões de GEE por diferentes setores e países. Em 2018, a mudança no uso do solo representou 27,0% das emissões, sendo que média mundial ficou em torno de 2,9%. No entanto, o Brasil tem apresentado queda satisfatória nas emissões desse setor, atingindo uma redução anual média de 5,0% desde o início dos anos 2000. Essa queda foi ainda mais proeminente na última década, tendo uma taxa de decréscimo de 12,0%. Esse valor foi bastante superior à média mundial, igual a 1,0%.⁹

TABELA 7

Emissões totais de GEE e participações dos setores de emissões no total para as principais economias agroexportadoras e mundo (2018)

(Em %)

País	Emissão total de GEE (Mt CO ₂ equivalente)	Participação por setor de emissão de GEE				
		Agricultura	Energia	Processos industriais	Mudança no uso da terra	Resíduos
Estados Unidos	5.794	6,6	91,0	4,0	-4,0	2,3
Holanda	180	10,3	85,4	1,9	0,8	1,6
Brasil	1.421	34,9	30,8	2,0	27,3	4,9
Alemanha	777	7,5	91,9	3,3	-3,8	1,1
França	361	20,4	85,9	6,7	-17,2	4,1
Espanha	313	13,2	81,1	5,9	-4,4	4,2
China	11.706	5,7	88,1	10,0	-5,5	1,7
Itália	387	8,3	85,1	5,6	-3,3	4,4
Canadá	763	7,7	82,0	2,8	5,0	2,4
Bélgica	109	8,6	85,3	4,9	0,1	1,0
Mundo	47.261	12,3	75,2	6,1	2,9	3,4

Fonte: World Bank (2020).

Obs.: Mt CO₂ equivalente – milhares de toneladas de CO₂ equivalente.

8. Como apontado por Vieira Filho (2022), a União Europeia e os Estados Unidos aprovaram recentemente o uso de áreas ecológicas e de conservação. A ideia foi a de permitir que agricultores pudessem plantar, por iminente crise de abastecimento, em terras que fazem parte de programas federais de conservação, sem que isso resultasse em penalidade. Esse tipo de política vai na contramão do ordenamento internacional prescrito nas últimas décadas voltado ao alcance da sustentabilidade ambiental.

9. As taxas de crescimento das emissões podem ser verificadas na tabela A.1, do apêndice.

Entre os países analisados, França e China aumentaram as emissões médias desse setor em 4,5% nos últimos 20 anos, embora, na última década, a França sinalizou com uma redução de 1,0%, ao contrário da Alemanha e da China, que reportaram aumento de 6,0% e 9,0% dessas emissões no referido período, respectivamente.

Entre os países agroexportadores da Europa e dos Estados Unidos, a produção de energia foi a principal fonte de emissão de CO₂ equivalente, o que correspondeu a mais de 85,0% das emissões totais de GEE em 2018. Nas duas últimas décadas, esses países reduziram em 1,0% as emissões desse setor, redução abaixo do esforço mundial, que foi igual a 2,0% no mesmo período. Entre os países analisados, a China foi o país que reportou maior redução dessas emissões, igual a 6%, enquanto o Brasil equiparou-se à média mundial. Apenas o Canadá esteve na contramão desse processo, reportando aumento médio das emissões do setor de energia de 0,5% a.a..

O setor agropecuário, por sua vez, é o maior responsável pelas emissões no Brasil, correspondendo a 35% das emissões totais de GEE, valor próximo ao de países vizinhos como Argentina (33%) e Paraguai (31%). Em seguida, a França aparece como segunda colocada, com 20% de suas emissões totais originadas do setor agropecuário. Para Espanha e Holanda, esse percentual foi em média igual a 12%, enquanto nos demais países ficou abaixo de 10%.

Ao contrário do setor de energia, cujas emissões de GEE consistem em gases de CO₂, as emissões da agricultura são constituídas por gases de metano, CH₄, e de óxido nitroso, N₂O, mais passíveis de serem mitigados por meio da valorização dos sumidouros e reservatórios de GEE. No Brasil, a produção desses gases se relaciona mais aos processos ligados à fermentação entérica, à fertilização nitrogenada em áreas cultivadas e, em menor participação, ao manejo de dejetos animais, ao cultivo de arroz e à queima de resíduos de culturas, como cana-de-açúcar e algodão (Vieira Filho, 2017; MCTI, 2021).

Segundo os dados do World Bank (2020), ao longo das duas últimas décadas, o Brasil aumentou em 1,5% as emissões do setor agropecuário. Canadá e Estados Unidos contabilizaram um crescimento médio de 0,4% no mesmo período, enquanto os países europeus reportaram tendência de queda nas emissões desse setor, na ordem de 0,6%. Embora essas estatísticas apontem o setor agropecuário como um problema no Brasil, a produção agropecuária tem se mostrado cada vez mais como parte da solução do problema climático.

Como apontado por Vieira Filho (2017), observou-se aumento significativo no uso da integração produtiva nos últimos anos, especialmente em sistemas consorciados de lavoura, pecuária e florestas. A integração produtiva tem maior potencial de sequestro de carbono, quando comparada aos sistemas produtivos tradicionais. Nesse sentido, ressalta-se também a recuperação de pastagens degradadas no âmbito das ações do Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC). Essas ações contribuem para a consolidação de um setor agropecuário mais sustentável, fazendo parte do conjunto de estratégias brasileiras orientadas para alcançar as metas de redução de emissões submetidas à UNFCCC, no âmbito do programa de Redução de Desmatamento e Degradação Florestal (REDD₊) (Brasil, 2016).

O crescimento das emissões de GEE está associado ao aumento da produção agropecuária. No entanto, quando o processo de crescimento é acompanhado de modernização e adoção de tecnologias, é possível aumentar a produção por unidade de emissão de GEE. Ou seja, mensurar quantos quilos de alimentos se produz a cada vez que se emite 1 t de carbono na atmosfera. A tabela 8 apresenta os valores da produção agrícola e pecuária por unidade de emissão, nos países analisados, considerando tanto as emissões totais quanto as emissões específicas da agropecuária.

Em todas as análises, observa-se que o Brasil liderou o crescimento da produção por unidade de emissão de GEE ao longo das últimas décadas. Em 1990, o Brasil emitia 1 t de carbono na atmosfera para produzir 243 t de produção agrícola. Em 2020, com a mesma tonelada de carbono, a produção de alimentos envolvida era o triplo (ou 774 t). Ao se produzir mais alimentos em uma mesma área, muitas vezes utilizando biotecnologia, insumos modernos e máquinas e equipamentos agrícolas com tecnologia embarcada, as emissões de GEE diminuem. Nesse mesmo exercício, para os demais países analisados, a produção não chegou nem a duplicar entre 1990 e 2020.

TABELA 8
Produção agropecuária por emissão de GEE (toneladas por CO₂ equivalente) e taxa média anual de crescimento (1990-2018)

Emissões de GEE	Setor produtivo	País	Taxa média anual de crescimento (%)							
			1990	2000	2010	2018	1ª década (1990-2000)	2ª década (2000-2010)	3ª década (2010-2018)	Total (1990-2018)
		Estados Unidos	91,5	94,2	107,4	123,6	0,3	1,3	1,8	1,1
		Holanda	103,4	101,9	95,9	107,4	-0,1	-0,6	1,4	0,1
		Brasil	243,3	278,5	458,8	748,2	1,4	5,1	6,3	4,1
		Alemanha	83,4	106,6	103,2	107,0	2,5	-0,3	0,5	0,9
		França	249,5	265,1	313,0	362,2	0,6	1,7	1,8	1,3
		Espanha	271,7	216,7	192,9	240,1	-2,2	-1,2	2,8	-0,4
		China	285,2	274,9	154,6	153,9	-0,4	-5,6	-0,1	-2,2
		Itália	145,9	152,4	133,6	134,0	0,4	-1,3	0,0	-0,3
		Canadá	111,6	100,5	79,8	134,7	-1,0	-2,3	6,8	0,7
		Bélgica	- ¹	109,8	116,8	123,3	-	0,6	0,7	-
		Estados Unidos	5,1	4,9	5,2	5,9	-0,5	0,7	1,6	0,5
		Holanda	5,6	4,1	3,7	4,2	-3,0	-1,0	1,6	-1,0
		Brasil	16,4	19,9	23,0	46,5	1,9	1,5	9,2	3,8
		Alemanha	5,3	4,8	4,7	5,0	-0,9	-0,2	0,7	-0,2
		França	12,8	12,3	14,3	16,3	-0,4	1,6	1,6	0,9
		Espanha	5,5	4,9	4,8	5,7	-1,3	-0,0	1,9	0,1
		China	4,1	3,5	1,0	0,8	-1,6	-11,7	-3,0	-5,7
		Itália	4,6	3,8	3,8	4,8	-1,8	-0,1	3,0	0,2
		Canadá	4,8	5,9	4,3	5,8	2,0	-3,1	3,8	0,7
		Bélgica	-	7,5	7,2	6,9	-	-0,4	-0,6	-

(Continua)

TEXTO para DISCUSSÃO

Emissões de GEE	Setor produtivo	País	Taxa média anual de crescimento (%)							
			1990	2000	2010	2018	1ª década (1990-2000)	2ª década (2000-2010)	3ª década (2010-2018)	Total (1990-2018)
		Estados Unidos	1.417,1	1.645,4	1.737,0	1.859,5	1,5	0,5	0,9	1,0
		Holanda	918,6	1.069,3	1.022,6	1.041,2	1,5	-0,4	0,2	0,4
		Brasil	1.175,0	1.325,2	1.965,5	2.142,3	1,2	4,0	1,1	2,2
		Alemanha	1.070,4	1.436,3	1.406,0	1.425,9	3,0	-0,2	0,2	1,0
		França	1.375,1	1.532,6	1.659,0	1.772,8	1,1	0,8	0,8	0,9
		Espanha	1.649,6	1.681,4	1.625,2	1.817,5	0,2	-0,3	1,4	0,3
		China	1.387,8	1.725,4	2.194,3	2.678,2	2,2	2,4	2,5	2,4
		Itália	1.541,9	1.975,9	1.840,4	1.621,4	2,5	-0,7	-1,6	0,2
		Canadá	1.464,3	1.388,2	1.410,1	1.744,8	-0,5	0,2	2,7	0,6
		Bélgica	-	1.445,8	1.442,8	1.428,9	-	-0,0	-0,1	-
Produção por emissões de GEE da agricultura		Estados Unidos	79,4	85,1	84,4	88,8	0,7	-0,1	0,6	0,4
		Holanda	49,4	42,9	39,4	40,7	-1,4	-0,8	0,4	-0,7
		Brasil	79,1	94,5	98,7	133,2	1,8	0,4	3,8	1,9
		Alemanha	67,5	64,9	64,0	66,1	-0,4	-0,1	0,4	-0,1
		França	70,7	70,9	76,0	79,6	0,0	0,7	0,6	0,4
		Espanha	33,7	37,7	40,8	42,8	1,1	0,8	0,6	0,9
		China	20,1	22,0	14,4	13,8	0,9	-4,1	-0,5	-1,3
		Itália	48,3	49,5	52,0	57,7	0,3	0,5	1,3	0,6
		Canadá	63,1	81,2	76,0	74,8	2,6	-0,7	-0,2	0,6
		Bélgica	-	98,6	88,9	79,7	-	-1,0	-1,4	-

Fonte: FAO (2021) e World Bank (2020).

Elaboração dos autores.

Nota: ¹ Dados agregados de produção para Bélgica só estão disponíveis a partir de 2000.

Os aumentos produtivos foram mais expressivos, no geral, considerando as emissões totais, que contabilizam as emissões de GEE originadas pela mudança de uso da terra. No que tange à produção agrícola, Espanha, Itália e China reportaram decréscimo da produção por unidade de emissão durante todo período analisado, embora a Espanha apontasse sinais de recuperação na última década, com crescimento de 2,8%. Nesse mesmo período, o Brasil alcançou crescimento da produção por unidade de emissão da agricultura em 6,3%.

Na produção pecuária, Holanda, Alemanha e China reportaram decréscimo da produção por unidade de emissão durante todo período analisado. Porém, Holanda e Alemanha, na última década, reverteram esse comportamento, com crescimento médio de 1,6% e 0,7%, respectivamente. Nesse mesmo período, o Brasil alcançou crescimento da produção por unidade de emissão total da pecuária em 9,2%.

Sendo assim, o Brasil se mostra potencialmente capaz de impulsionar o uso eficiente dos recursos produtivos como instrumento eficaz para alcançar a sustentabilidade ambiental. Segundo Feres e Ferreira (2020), os resultados da eficiência técnica sugerem que o Brasil produz 26% a menos do que poderia potencialmente produzir com a quantidade de insumos na produção corrente. Em relação à eficiência do uso da terra, os autores indicam que o país poderia reduzir em 70% a quantidade de terra utilizada em suas atividades agrícolas, mantendo os níveis de produção vigente. A ineficiência do uso da terra é particularmente mais crítica na região Norte, o que mostra que há amplo espaço para a intensificação das atividades agropecuárias na Amazônia.

Além disso, como apontado por Chiavari e Lopes (2017), a maioria dos países agroexportadores, com exceção do Brasil, permite algum grau de manejo sustentável dos recursos florestais e a realização de atividades agrícolas.¹⁰ Num comparativo internacional das legislações, o Brasil foi o único a exigir que as propriedades privadas mantivessem um percentual de área conservada com vegetação nativa (reserva legal), sem qualquer tipo de compensação financeira ao proprietário (Chiavari e Lopes, 2017).¹¹ O marco legal e ambiental no Brasil constitui uma grande contribuição em relação aos demais países analisados, notadamente os principais críticos dentro da comunidade internacional, tais como França e Alemanha.

10. O código florestal (Brasil, 2012) permite na pequena propriedade rural, voltada à agricultura familiar, algumas práticas produtivas nas áreas de preservação permanente (APPs) e reserva legal (RL).

11. O código florestal também permite o pagamento por serviços ambientais (PSA) em áreas de RL e APP, assim como a Lei de Pagamento por Serviços Ambientais (Lei nº 14.119, de 2021). Entretanto, essa não é a regra dos casos no Brasil, mas sim a exceção.

TEXTO para DISCUSSÃO

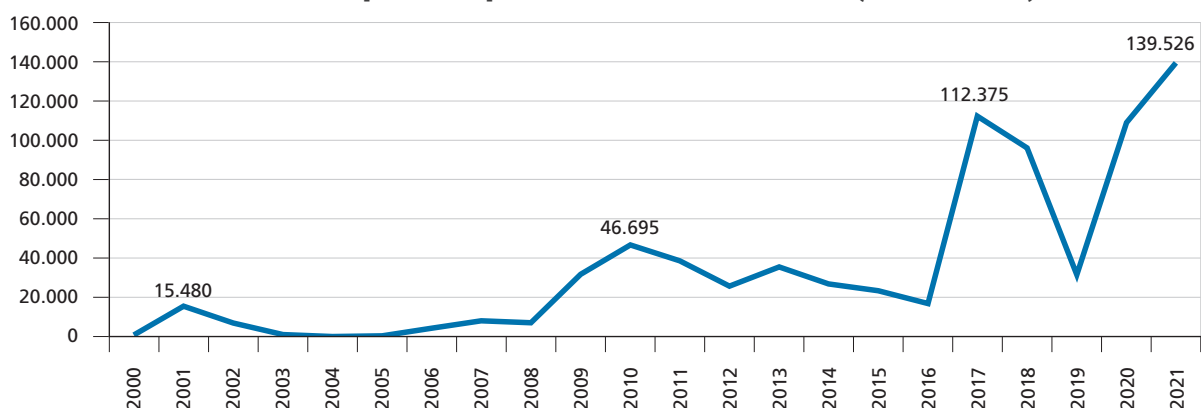
Importante também ressaltar que, conforme Benatti e Fischer (2018), o governo brasileiro vem, desde 2016, integrando formalmente ações voltadas à titulação fundiária, especialmente na região da Amazônia brasileira, com intuito de promover o desenvolvimento regional e indiretamente minimizar os incentivos ao desmatamento. A regularização da posse da terra altera os incentivos a investir, que diminui ou aumenta o desmatamento. A titulação estimula os investimentos em novas tecnologias, aumentando a produtividade. A terra é utilizada de forma mais intensiva, elevando a produção sem incrementar o desmatamento.

Segundo Lipscomb e Prabakaran (2020), o aumento da produtividade reduz os incentivos em abrir novas áreas para o plantio. Conforme Ceddia *et al.* (2014), mesmo que a produção se torne mais eficiente, pode haver estímulo, por parte dos agentes, na expansão de área plantada, gerando desmatamento. Nas regiões em que os direitos de propriedade são bem definidos, as regulações ambientais podem ser mais efetivas, reduzindo o desmatamento. No caso do Brasil, por exemplo, existe evidência em relação a essa hipótese. Assunção, Gonzalez-Navarro e Szerman (2019), ao estudar as políticas de titulação, encontraram que a titulação reduz o desmatamento substancialmente.

Além disso, como apontado por Gómez e Vieira Filho (2023), os direitos de propriedade bem definidos sobre o uso da terra podem estar associados aos incrementos de eficiência na utilização de recursos escassos e esse tem sido um importante debate no âmbito da política agrária nacional. O gráfico 4 apresenta os números de títulos expedidos para famílias assentadas de 2000 a 2021. Observa-se que há um crescimento exponencial da titulação, principalmente na segunda metade da última década.

GRÁFICO 4

Número de títulos expedidos para famílias assentadas (2000-2021)



Fonte: Incra (2022).

Elaboração dos autores.

Não obstante aos compromissos assumidos pelo país com o clima e o meio ambiente, as questões relacionadas à comercialização internacional de bens agropecuários produzidos em áreas desmatadas ilegalmente devem ser rigorosamente acompanhadas e punidas.

Entre os países da Europa, a Política Agrícola Comum (PAC) foca seus objetivos no desenvolvimento sustentável, buscando aumentar a produtividade e a renda dos agricultores, estabilizar os mercados e garantir o abastecimento de alimentos a preços mais baixos. Do orçamento europeu, em 2019, € 58,8 bilhões (ou 36% do total) foram destinados à PAC, sendo cerca de 70% destinado a pagamentos diretos, subsídios que remuneram os agricultores pela preservação ambiental e pela entrega de bens públicos, tais como o cuidado do campo (EC, 2019).

Entretanto, conforme Guth *et al.* (2020), Pe'er *et al.* (2020), Alliance Environment (2019) e IPBES (2019), existem apontamentos de que a PAC não tem sido eficiente no sentido de apoiar políticas agrícolas que pudessem sustentar a adoção de tecnologias ambientalmente corretas. Há evidências de que os subsídios pagos ao produtor provocam distorções significativas de mercado, induzindo o uso de práticas agrícolas que contribuem com a deterioração do meio ambiente.

De acordo com a Comissão Europeia (EC, 2018), foi publicado o Pacto Verde Europeu que apresenta uma nova estrutura de reformulação de políticas com o objetivo de alinhar os processos econômicos a estratégias mais ambiciosas de enfrentamento aos desafios relacionados ao clima e ao ambiente. Não obstante, o novo plano se mostra vago e falho no âmbito da promoção de uma agricultura mais sustentável.

3.3 PTF com emissões de GEE

Considerando a medida mais geral do desempenho agropecuário das economias agroexportadoras, os resultados da PTF são apresentados na tabela 9. Como apontado pelo Ministério da Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2022), a melhoria da PTF agropecuária tem sido o principal vetor de crescimento da oferta produtiva. De 1990 a 2019, Brasil e China alcançaram os melhores desempenhos comparativos, sendo o Brasil o líder no *ranking* do crescimento durante todas as décadas analisadas, exceto na primeira, por uma pequena diferença em relação à China. As demais economias reportaram menor crescimento da PTF, com taxas oscilando em torno da média mundial.

TABELA 9

Índice da PTF e taxas crescimento em diferentes períodos (1990-2019)

País	Índice da PTF				Taxa média anual de crescimento (%)			
	1990	2000	2010	2019	1ª década (1990-2000)	2ª década (2000-2010)	3ª década (2010-2019)	Total (1990-2019)
Estados Unidos	82	95	104	100	1,47	0,90	-0,44	0,68
Holanda	92	100	92	99	0,76	-0,79	0,86	0,25
Brasil	44	62	87	107	3,48	3,43	2,33	3,10
Alemanha	83	88	97	105	0,68	0,94	0,85	0,82
França	82	88	95	102	0,79	0,70	0,83	0,77
Espanha	66	82	96	101	2,21	1,56	0,56	1,47
China	51	75	91	105	3,93	1,95	1,66	2,54
Itália	68	90	104	93	2,81	1,48	-1,23	1,08
Canadá	70	80	95	110	1,36	1,75	1,56	1,56
Bélgica	114	114	93	102	0,01	-2,02	1,04	-0,38
Mundo	68	79	92	105	1,53	1,65	1,41	1,53

Fonte: USDA (2022).

A tabela 10 apresenta as taxas de crescimento da PTF, assim como o resultado do indicador de sustentabilidade produtiva, dado pela taxa de crescimento da PTF por emissões de GEE (totais e agropecuárias). Não obstante aos resultados já discutidos, observa-se que o Brasil também liderou o indicador de produtividade por emissão. Entre 1990 e 2018, a PTF brasileira por emissões totais apresentou o maior crescimento, 3,7%. Na última década, o desempenho brasileiro foi ainda superior, atingindo uma taxa anual de crescimento de 7,4%. Quando se compara apenas a PTF por emissões do setor agropecuário, o Brasil também se destaca; porém, no período de 1990 a 2018, a taxa de crescimento foi menor do que a observada na Itália, na China e na Alemanha, e superior à dos demais países. Nas duas últimas décadas, o Brasil também apresentou crescimento expressivo, mas ficando atrás de China, Espanha e Alemanha. Seu resultado foi significativamente elevado entre 2010 e 2018, equivalente a 2,5%.

TABELA 10

Taxas de crescimento da PTF, da PTF por emissões totais e da PTF por emissões agropecuárias para os períodos de 1990 a 2018, 2000 a 2018 e 2010 a 2018

País	Crescimento da PTF			Crescimento da PTF por emissões totais de GEE			Crescimento da PTF por emissões agropecuárias de GEE		
	1990-2018	2000-2018	2010-2018	1990-2018	2000-2018	2010-2018	1990-2018	2000-2018	2010-2018
Estados Unidos	0,9	0,5	0,1	0,7	1,1	0,6	0,6	0,3	-0,3
Holanda	0,2	-0,1	0,8	0,7	0,7	2,4	1,0	0,3	1,2
Brasil	3,2	3,1	2,6	3,7	4,4	7,4	1,9	1,6	2,5
Alemanha	0,8	0,8	0,6	2,0	1,8	1,9	2,1	1,7	1,7
França	0,7	0,7	0,7	1,7	2,3	2,1	1,3	1,4	1,1
Espanha	1,9	1,7	1,8	0,8	1,9	2,5	1,6	1,8	1,1
China	2,6	1,9	1,8	-2,5	-3,9	-0,3	2,2	2,0	2,3
Itália	1,2	0,4	-1,0	1,8	1,6	0,9	2,3	1,3	-0,7
Canadá	1,5	1,6	1,5	0,8	1,5	4,6	0,8	1,1	0,7
Bélgica	-	-1,1	0,0	-	0,0	1,3	-	-0,7	0,5

Elaboração dos autores.

Deve-se ressaltar que as emissões totais consideram em grande parte a redução acentuada decorrida das emissões do setor de mudança no uso da terra, que no Brasil foi influenciada pelo declínio do desmatamento nos últimos 20 anos (Inpe, 2023). No âmbito da PTF por emissões totais de GEE, destaca-se também o desempenho do Canadá e da Espanha, cujos esforços de redução de emissões de GEE concentraram-se especialmente no setor de mudança de uso da terra.

No caso holandês, embora a taxa de crescimento da PTF por emissões totais tenha ficado em 2,4%, houve aumento de emissões no setor de mudanças do uso do solo. Seu bom resultado nesse indicador poderia ser contabilizado na redução das emissões do setor de resíduos e dos processos industriais, como mostram os dados do World Bank (2020). O primeiro compreende as emissões pelo tratamento de resíduos sólidos e líquidos, enquanto o segundo resulta dos processos produtivos nas indústrias, inclusive no consumo não energético de combustíveis como matéria-prima (MCTI, 2021).

Embora outros países, como Itália e Estados Unidos, tenham tido bom desempenho na redução da emissão do setor de mudança do uso da terra na última década, em termos de emissões totais, os resultados foram menos expressivos. Ou seja, um bom

indicador de sustentabilidade produtiva valoriza países que reportam, simultaneamente, crescimento produtivo aliado à redução das emissões. A China, por sua vez, embora tenha sinalizado esforço de reduzir as emissões do setor agropecuário na última década, os demais setores aumentaram suas emissões, em média, nove vezes mais do que a redução ocorrida na agropecuária chinesa. Por isso, seu resultado, em termos de emissões totais, foi negativo; no entanto, no que tange às emissões agropecuárias, o desempenho foi positivo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mudança tecnológica é um fator determinante para o crescimento econômico, assim como para o desenvolvimento sustentável do setor agropecuário. Este estudo é uma tentativa de organizar indicadores que mostram o comportamento da produtividade, levando em consideração as emissões de GEE. A emissão de carbono na atmosfera é aqui considerada um *input* negativo na dinâmica produtiva. Diferentes variáveis podem interferir na produtividade, como a pesquisa básica e aplicada, o transbordamento (*spillovers*) dos investimentos domésticos e estrangeiros, a extensão rural e assistência técnica, a capacitação humana, as inovações em processo e, sem dúvida, muitas outras variáveis, como o comércio externo e as condições climáticas e geográficas.

As emissões de GEE estão subdivididas em cinco setores: i) agropecuária; ii) energia; iii) processos industriais; iv) mudança no uso da terra; e v) resíduos. No Brasil, em 2018, o setor agropecuário foi responsável por 34,9% das emissões, enquanto o setor industrial e o de mudança e uso da terra participaram com 30,8% e 27,3% das emissões, respectivamente. Quando se analisa os demais países, neste mesmo ano, apenas o setor de energia foi responsável pela maioria das emissões, valores acima de 80,0%. França, Espanha e Holanda seriam os países que teriam, depois do Brasil, as maiores emissões agropecuárias, 20,4%, 13,2% e 10,3%, respectivamente. Com exceção da China, a maioria dos países contribui com a redução das emissões totais de GEE. Contudo, dependendo de cada economia, a redução das emissões não acontece em todos os setores. Por exemplo, no caso brasileiro, a queda das emissões foi observada nos processos industriais, mas substancialmente na mudança e no uso da terra, muito em função da redução pronunciada do desmatamento desde 2004.

Embora a população mundial tenha se elevado, assim como o consumo de alimentos, o uso de novas tecnologias permitiu o crescimento da produção sem que houvesse aumento substancial da área plantada e de pastagens, ou seja, a tecnologia evitou a incorporação de novas áreas de produção, evitando assim o desmatamento,

num comparativo contrafactual. Este efeito é aqui denominado de poupa-florestas. O Brasil apresentou o maior EPF de 1990 a 2020, poupando quase a metade (43,2%) do território nacional, seguido pela Espanha (20,4%) e pelos Estados Unidos (8,9%). Esse esforço representou também maior produção por unidade de emissão. Os resultados mostraram que, para o Brasil, fundamentalmente, 1kg de alimento produzido em 2018 gerava menos emissões do que no passado. Esse comportamento não foi igual para os demais países estudados.

Por fim, ao se analisar a produtividade por emissão de GEE, o Brasil liderou o crescimento desse indicador, seja no comparativo das emissões totais ou mesmo do setor agropecuário. De 1990 a 2018, a PTF brasileira por emissões totais mostrou o maior crescimento de 3,7%. De 2010 a 2018, a taxa de crescimento da PTF no país foi ainda mais elevada, em torno de 7,4%. No que tange à PTF por emissões do setor agropecuário, o indicador brasileiro é relativamente menor, mas ainda superior aos demais países, principalmente na última década. Os resultados mostram que esse índice é relevante para comparar a *performance* de produção sustentável em diferentes economias. Dependendo do tipo de análise, o comparativo pode auxiliar na reformulação de instrumentos de financiamento de práticas produtivas e sustentáveis.

Em resumo, pode-se inferir que países que investem em tecnologias conseguem aumentar a sua produtividade, de um lado, e diminuir as emissões de GEE, de outro. O Brasil, a despeito de ser um grande produtor agropecuário, apresentou melhores indicadores de produtividade. Deve-se ressaltar que é no setor agropecuário que existem as janelas de oportunidades para mitigar e reduzir emissões de CO₂ equivalente. No comparativo internacional, não há dúvidas que a construção de políticas tecnológicas bem-sucedidas deve ter o foco no crescimento da produção por unidade de insumo. Ademais, o financiamento de tecnologias contribui para, não somente a segurança alimentar, mas também para o desenvolvimento econômico e a redução na pressão sobre o desmatamento.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, I. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. Farming production in Brazil: innovation and land-sparing effect. **International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering**, v. 15, n. 10, p. 93-100, 2021.

ALLIANCE ENVIRONNEMENT. Evaluation study of the impact of the CAP on climate change and greenhouse gas emissions. Final Report. **European Economic Interest Grouping**. October, 2018. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/29eee93e-9ed0-11e9-9d01-01aa75ed71a1>.

ALVAREZ, A. R.; MOTA, J. A. (Org.). **Sustentabilidade ambiental no Brasil**: biodiversidade, economia e bem-estar humano. Brasília: Ipea, 2010. 640 p.

ASSUNÇÃO, J.; GONZALEZ-NAVARRO, M.; SZERMAN, D. **Property rights and resource extraction**: evidence from deforestation in the Amazon. [s.l.]: Lacea-Lames, 2019. (Preliminar and incomplete version). Disponível em: https://sistemas.colmex.mx/Reportes/LACEALAMES/LACEA-LAMES2019_paper_528.pdf.

BARRETO, P.; ARAÚJO, E. **O Brasil atingirá a sua meta de redução do desmatamento?** Belém: Imazon, 2012. Disponível em: https://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/livros/Brasil_Reduc_Desmatamento.pdf.

BENATTI, J. H.; FISCHER, L. R. da C. New trends in land tenure and environmental regularisation laws in the Brazilian Amazon. **Regional Environmental Change**, v. 18, p. 11-19, 2018.

BRASIL. Presidência da República. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 25 maio 2012.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **ENREDD+**: estratégia nacional para redução das emissões provenientes do desmatamento e da degradação florestal, conservação dos estoques de carbono florestal, manejo sustentável de florestas e aumento de estoques de carbono florestal. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Departamento de Políticas de Combate ao Desmatamento. Brasília: MMA, 2016.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Quarta comunicação nacional do Brasil à convenção quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília: MCTI, 2021. 620p.

CEDDIA, M. G. *et al.* Governance, agricultural intensification, and land sparing in tropical South America. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 20, p. 7242-7247, 2014.

CEPAL – COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE. **Avaliação do plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia legal**: PPCDAM 2007-2010. Brasília: Ipea; Cepal, 2011.

CHAUDHARY, B.; KUMAR, V. Emerging technological frameworks for the sustainable agriculture and environmental management. **Sustainable Horizons**, v. 3, p. 100026, 2022.

CHIAVARI, J.; LOPES, C. **Legislação florestal e de uso da terra na comparação internacional**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2017.

CMMAD – COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991.

EC – EUROPEAN COMMISSION. **The European Green Deal**. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels, 2019. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_en.pdf.

_____. **The common agricultural policy**: agriculture and rural development. [s.l.]: EC, 2022. Disponível em: https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-glance_en. Acesso em: out. 2022.

EUCLIDES FILHO, K. Bovinos de corte. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Org.). **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, p. 907-944, 2008.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Report of the FAO council**: 94th session. Rome: FAO, 1988.

_____. **Agriculture, forestry and other land use emissions by sources and removals by sinks**: 1990-2011 analysis. [s.l.]: FAO, 2014a.

_____. **Impacts of foreign agricultural investment on developing countries**: evidence from case studies. Rome: FAO, 2014b. (Working Paper, n. 47).

_____. **Faostat, 2021**. Roma: FAO, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>.

FISHLOW, A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Agriculture and industry in Brazil**: innovation and competitiveness. Columbia University Press, 2020.

GÓMEZ, R. V.; VIEIRA FILHO, J. E. **Regularização fundiária no Brasil**: avanços e desafios. Brasília: Ipea, 2023. (Texto para Discussão, n. 2851).

GUTH, M. *et al.* The economic sustainability of farms under common agricultural policy in the European Union countries. **Agriculture**, v. 10, n. 34, 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017/resultados-definitivos>.

INCRA – INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Manual Titula Brasil**. Brasília: [s.n.], 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/incra/pt-br/titulabrasil>.

IPBES – INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES. The IPBES assessment report on land degradation and resto-ration. **Report**, Germany, 2018. Disponível em: <https://www.ipbes.net/assessment-reports/ldr>.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Sustentabilidade ambiental no Brasil**: biodiversidade, economia e bem-estar humano. Brasília: Ipea, 2010.

LEWIS, W.A. Economic development with unlimited supplies of labour. **The Manchester School**, v. 22, p.139-191, 1954.

LIPSCOMB, M.; PRABAKARAN, N. Property rights and deforestation: evidence from the terra legal land reform in the Brazilian Amazon. **World Development**, v. 129, p. 104-854, 2020.

LOPES, E. P. **Desenho da cadeia do agronegócio e análise da sua completude como ferramentas para assegurar arrecadação fiscal**: estudo do caso das cadeias de soja e milho. 2023. 226 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2023.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. **Agricultural Systems**, n. 110, p. 173-177, July 2012.

MAURANO, L. E. P.; ALMEIDA, C. A.; MEIRA, M. B. Monitoramento do desmatamento do cerrado brasileiro por satélite Prodes cerrado. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19., 2019, Santos, São Paulo. **Anais...** Santos: Inpe, 2019.

OECD – ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. GeoBook: ODA by sector – bilateral commitments by donor and recipiente. **OCDE.Stat**. 2022. Disponível em: <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=DACSECTOR#>.

PE’ER G. *et al.* Action needed for the EU common agricultural policy to address sustainability challenges. **People and Nature**, v. 2, p. 305-316, 2020.

SRINIVAS, S.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Farms versus firms in economic development**: the assumptions and consequences of learning dynamics in agriculture and manufacturing. Brasília: Ipea, 2015. (Discussion Paper, n. 207).

UNCC – UNITED NATIONS CLIMATE CHANGE. Topics, process and meetings. [s.l.]: UNCC, 2022. Disponível em: <https://unfccc.int/>.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **International agriculture productivity**: economic research service. [s.l.]: USDA, Feb. 2022. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/data-products/international-agricultural-productivity/>.

VIEIRA FILHO, J. E. R. A fronteira agropecuária brasileira: redistribuição produtiva, efeito poupa-terra e desafios estruturais logísticos. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J.G. (Org.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: Ipea, 2016.

_____. Expansão pecuária no Brasil e proposição metodológica de cálculo da produtividade em termos de sustentabilidade ambiental. *In*: ABDE – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO. **Prêmio ABDE-BID**. Rio de Janeiro: ABDE, 2017. p. 227-258. (Coletânea de trabalhos).

_____. **Agricultura e pecuária, energia e efeito poupa-florestas**: um comparativo internacional. Brasília: Ipea, 2022. (Nota Técnica, n. 30).

WORLD BANK. **Country Climate and Development Report**: Databank, 2020. [s.l.]: World Bank, 2020. Disponível em: <https://databank.worldbank.org/source/country-climate-and-development-report-ccdr#>.

_____. **World Development Indicators**. Databank, 2021. [s.l.]: World Bank, 2021. Disponível em: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>.

APÊNDICE

QUADRO A.1

Lista dos itens que correspondem a 50% do valor das importações e exportações de produtos agropecuários nas dez principais economias agroexportadoras (2020)

País	Principais produtos exportados do setor agropecuário	Principais produtos importados do setor agropecuário
Estados Unidos	Grãos de soja; milho; preparações alimentícias homogêneas (molhos, caldos etc.); trigo; fibra de algodão, descaroçada; carne de bovino, frango e de suíno desossada, fresca ou refrigerada; bagaço e outros resíduos sólidos resultantes da extração de gorduras ou óleos da soja.	Álcool etílico não desnaturado (com um título alcoométrico volúmico inferior a 80% vol.), bebidas, incluindo de doses, licores e outras bebidas; vinho; materiais brutos de origem animal e vegetal; café verde; preparações alimentícias homogêneas (molhos, caldos etc.); cerveja de cevada, maltada; carne de bovino desossada, fresca ou refrigerada; produtos de panificação; frutas, nozes e cascas, incluindo congeladas, preparadas ou em conserva, geleias, pastas, marmeladas etc.; outras bebidas calóricas não alcoólicas; produtos de chocolate, inclui cacau em pó adoçado, chocolate e outras preparações alimentícias e confeitos que contenham cacau; banana; borracha natural em outras formas (folhas, cremes, grânulos reaglomerados, pós soltos etc.); tomates; gado; abacates; açúcar de confeitaria.
Holanda	Materiais brutos de origem animal e vegetal; preparações alimentícias homogêneas (molhos, caldos etc.); queijo de leite de vaca integral; carne de frango, bovino e suíno, fresca ou refrigerada; forragens açucaradas e preparações para alimentação animal; comida infantil; cerveja de cevada, maltada; tomates; produtos de chocolate, inclui cacau em pó adoçado, chocolate e outras preparações alimentícias e confeitos que contenham cacau; bagaço e outros resíduos sólidos resultantes da extração de gorduras ou óleos; carne de porco com osso, fresca ou refrigerada; batatas, congeladas; outras bebidas calóricas não alcoólicas; produtos de panificação; manteiga de cacau, gordura e óleo; azeite de dendê.	Materiais brutos de origem animal e vegetal; sementes de cacau; preparações alimentícias homogêneas (molhos, caldos etc.); azeite de dendê; bagaço e outros resíduos sólidos resultantes da extração de gorduras ou óleos; grãos de soja; vinho; milho; queijo de leite de vaca integral; carne de bovino desossada, fresca ou refrigerada; produtos de chocolate, inclui cacau em pó adoçado, chocolate e outras preparações alimentícias e confeitos que contenham cacau; trigo; produtos de panificação; uvas; carne de gado com osso, fresca ou refrigerada; frutas, nozes e cascas, incluindo congeladas, preparadas ou em conserva, geleias, pastas, marmeladas etc.; semente de colza ou colza; álcool etílico não desnaturado, com um título alcoométrico volúmico inferior a 80% vol.; bebidas de doses, licores e afins; preparações de carne de aves; forragens açucaradas e preparações para alimentação animal; gorduras e óleos animais ou vegetais e suas frações, quimicamente modificados, exceto os hidrogenados, interesterificados, reesterificados ou elaidinizados; misturas ou preparações não comestíveis de gorduras ou óleos animais ou vegetais; carne de frango, fresca ou refrigerada; outras bebidas calóricas não alcoólicas; galinhas; óleo de colza ou canola, brutos; tabaco não manufaturado.

(Continua)

(Continuação)

País	Principais produtos exportados do setor agropecuário	Principais produtos importados do setor agropecuário
Brasil	Grãos de soja; açúcar de cana ou beterraba (apenas centrífuga); carne de frango e bovino fresca ou refrigerada; bagaço e outros resíduos sólidos resultantes da extração de gorduras ou óleos; café verde; milho; tabaco não manufaturado; açúcar refinado; fibra de algodão, descaroçada.	Trigo; malte, mesmo torrado; borracha natural em outras formas (folhas, cremes, grânulos reaglomerados, pós soltos etc.); preparações alimentícias homogeneizadas (molhos, caldos etc.); materiais brutos de origem animal e vegetal; azeite; vinho; arroz; batatas congeladas; forragens açucaradas e preparações para alimentação animal; carne de bovino desossada, fresca ou refrigerada; alho.
Alemanha	Preparações alimentícias homogeneizadas (molhos, caldos etc.); produtos de chocolate, inclui cacau em pó adoçado, chocolate e outras preparações alimentícias e confeitos que contenham cacau; queijo de leite de vaca integral; produtos de panificação; materiais brutos de origem animal e vegetal; carne de porco desossada e com osso, fresca ou refrigerada; trigo; outras bebidas calóricas não alcoólicas; álcool etílico não desnaturado, com um título alcoométrico volúmico inferior a 80% vol.; bebidas de doses, licores e afins; alimentos para cães ou gatos, acondicionados para venda a retalho; cerveja de cevada, maltada; café, descafeinado ou torrado; forragens açucaradas e preparações para alimentação animal; vinho; café verde.	Materiais brutos de origem animal e vegetal; queijo de leite de vaca integral; café verde; vinho; preparações alimentícias homogeneizadas (molhos, caldos etc.); semente de colza ou colza; produtos de chocolate, inclui cacau em pó adoçado, chocolate e outras preparações alimentícias e confeitos que contenham cacau; produtos de panificação; álcool etílico não desnaturado, com um título alcoométrico volúmico inferior a 80% vol.; bebidas de doses, licores e afins; grãos de soja; carne de bovino desossada, fresca ou refrigerada; frutas, nozes e cascas, incluindo congeladas, preparadas ou em conserva, geleias, pastas, marmeladas etc.; carne de porco com osso, fresca ou refrigerada; Matsuínos/porcos; tomates; bagaço e outros resíduos sólidos resultantes da extração de gorduras ou óleos; sementes de cacau; alimentos para cães ou gatos, acondicionados para venda a retalho; outras bebidas calóricas não alcoólicas; carne de frango, fresca ou refrigerada; trigo; azeite de dendê; banana; tabaco não manufaturado; leite cru .

(Continua)

TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

País	Principais produtos exportados do setor agropecuário	Principais produtos importados do setor agropecuário
França	Vinho; álcool etílico não desnaturado, com um título alcoométrico volúmico inferior a 80% vol.; bebidas de doses, licores e afins; trigo; queijo de leite de vaca integral; preparações alimentícias homogeneizadas (molhos, caldos etc.); milho; produtos de panificação; gado; alimentos para cães ou gatos, acondicionados para venda a retalho; produtos de chocolate, inclui cacau em pó adoçado, chocolate e outras preparações alimentícias e confeitos que contenham cacau; cevada.	Preparações alimentícias homogeneizadas (molhos, caldos etc.); materiais brutos de origem animal e vegetal; produtos de chocolate, inclui cacau em pó adoçado, chocolate e outras preparações alimentícias e confeitos que contenham cacau; produtos de panificação; café, descafeinado ou torrado; queijo de leite de vaca integral; bagaço e outros resíduos sólidos resultantes da extração de gorduras ou óleos; álcool etílico não desnaturado, com um título alcoométrico volúmico inferior a 80% vol.; bebidas de doses, licores e afins; carne de bovino, frango e suíno desossada, fresca ou refrigerada; frutas, nozes e cascas, incluindo congeladas, preparadas ou em conserva, geleias, pastas, marmeladas, etc.; carne de frango, fresca ou refrigerada; vinho; manteiga de leite de vaca; cerveja de cevada, maltada; outras bebidas calóricas não alcoólicas; café verde; tomates; carne de ovelha, fresca ou refrigerada; conservas de legumes (sem vinagre); alimentos para cães ou gatos, acondicionados para venda a retalho; batatas, congeladas; legumes congelados; forragens açucaradas e preparações para alimentação animal.
Espanha	Azeite; vinho; carne de porco com osso, fresca ou refrigerada; carne de porco desossada, fresca ou refrigerada; tangerinas, mandarinas, clementinas; laranjas; preparações alimentícias homogeneizadas (molhos, caldos etc.); materiais brutos de origem animal e vegetal; tomates; pimentões e pimentões verdes; pêssegos e nectarinas; produtos de panificação; azeitonas conservadas; alface e chicória; limões e limas; álcool etílico não desnaturado, com um título alcoométrico volúmico inferior a 80% vol.; bebidas de doses, licores e afins; morangos.	Milho; grãos de soja; preparações alimentícias homogeneizadas (molhos, caldos etc.); trigo; álcool etílico não desnaturado, com um título alcoométrico volúmico inferior a 80% vol.; bebidas de doses, licores e afins; queijo de leite de vaca integral; azeite de dendê; bagaço e outros resíduos sólidos resultantes da extração de gorduras ou óleos; materiais brutos de origem animal e vegetal; café verde; produtos de chocolate, inclui cacau em pó adoçado, chocolate e outras preparações alimentícias e confeitos que contenham cacau; produtos de panificação; amêndoas, descascadas; carne de bovino desossada, fresca ou refrigerada; óleo de semente de girassol, bruto; açúcar refinado; borracha natural em outras formas (folhas, cremes, grânulos reaglomerados, pós soltos etc.).

(Continua)

(Continuação)

País	Principais produtos exportados do setor agropecuário	Principais produtos importados do setor agropecuário
China	Materiais brutos de origem animal e vegetal; preparações alimentícias homogeneizadas (molhos, caldos etc.); alho verde; frutas, nozes e cascas, incluindo congeladas, preparadas ou em conserva, geleias, pastas, marmeladas etc.; conservas de legumes (sem vinagre); folhas de chá; maçãs; preparações de carne de aves; forragens açucaradas e preparações para alimentação animal; legumes congelados; tangerinas, mandarinas, clementinas; pasta de tomate; legumes, desidratados; açúcar de confeitaria; alimentos para cães ou gatos, acondicionados para venda a retalho; feijão, seco.	Grãos de soja; fibra de algodão, descaroçada; borracha natural em outras formas (folhas, cremes, grânulos reaglomerados, pós soltos etc.); azeite de dendê; carne de bovino desossada, fresca ou refrigerada; comida infantil; lã tosquiada, gordurosa, incluindo lã tosquiada lavada com lã.
Itália	Vinho; preparações alimentícias homogeneizadas (molhos, caldos etc.); queijo de leite de vaca integral; massas não cozidas, não recheadas nem preparadas de outro modo; produtos de chocolate, inclui cacau em pó adoçado, chocolate e outras preparações alimentícias e confeitos que contenham cacau; azeite; produtos de panificação; café, descafeinado ou torrado; materiais brutos de origem animal e vegetal; tomates, pelados (sem vinagre).	Trigo; queijo de leite de vaca integral; carne de porco com osso, fresca ou refrigerada; azeite; café verde; gado; carne de gado com osso, fresca ou refrigerada; materiais brutos de origem animal e vegetal; azeite de dendê; preparações alimentícias homogeneizadas (molhos, caldos etc.); milho; carne de bovino desossada, fresca ou refrigerada; bagaço e outros resíduos sólidos resultantes da extração de gorduras ou óleos; açúcar refinado; leite cru de gado; couros, salgados úmidos de gado.

(Continua)

TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

País	Principais produtos exportados do setor agropecuário	Principais produtos importados do setor agropecuário
Canadá	Trigo; semente de colza ou colza; óleo de colza ou canola, bruto; carne de suíno e de bovino desossada, fresca ou refrigerada; grãos de soja; produtos de panificação; preparações alimentícias homogêneas (molhos, caldos etc.); produtos de chocolate, inclui cacau em pó adoçado, chocolate e outras preparações alimentícias e confeitados que contenham cacau.	Preparações alimentícias homogêneas (molhos, caldos etc.); vinho; produtos de chocolate, inclui cacau em pó adoçado, chocolate e outras preparações alimentícias e confeitados que contenham cacau; produtos de panificação; carne de bovino e de suíno desossada, fresca ou refrigerada; materiais brutos de origem animal e vegetal; outras bebidas calóricas não alcoólicas; álcool etílico não desnaturado, com um título alcoométrico volúmico inferior a 80% vol.; bebidas de doses, licores e afins; frutas, nozes e cascas, incluindo congeladas, preparadas ou em conserva, geleias, pastas, marmeladas etc.; alimentos para cães ou gatos, acondicionados para venda a retalho; café verde; café, descafeinado ou torrado; cerveja de cevada, maltada; açúcar de cana ou beterraba (apenas centrífuga); cereais do café da manhã; uvas; alface e chicória; banana; açúcar de confeitaria; milho.
Bélgica	Chocolate e outras preparações alimentícias e confeitados que contenham cacau; produtos de panificação; preparações alimentícias homogêneas (molhos, caldos etc.); batatas, congeladas; cerveja de cevada, maltada; carne de porco com osso, fresca ou refrigerada; legumes congelados; forragens açucaradas e preparações para alimentação animal; banana; materiais brutos de origem animal e vegetal; carne de frango, fresca ou refrigerada; outras bebidas calóricas não alcoólicas; tabaco não manufaturado; queijo de leite de vaca integral; açúcar de confeitaria; café verde; manteiga de leite de vaca; frutas, nozes e cascas, incluindo congeladas, preparadas ou em conserva, geleias, pastas, marmeladas etc.; conservas de legumes (sem vinagre).	Banana; queijo de leite de vaca integral; preparações alimentícias homogêneas (molhos, caldos etc.); vinho; semente de colza ou colza; materiais brutos de origem animal e vegetal; trigo; produtos de panificação; café verde; tabaco não manufaturado; outras bebidas calóricas não alcoólicas; produtos de chocolate, inclui cacau em pó adoçado, chocolate e outras preparações alimentícias e confeitados que contenham cacau; sementes de cacau; forragens açucaradas e preparações para alimentação animal; bagaço e outros resíduos sólidos resultantes da extração de gorduras ou óleos; alimentos para cães ou gatos, acondicionados para venda a retalho; manteiga de cacau, gordura e óleo; batatas; manteiga de leite de vaca; frutas, nozes e cascas, incluindo congeladas, preparadas ou em conserva, geleias, pastas, marmeladas etc.; azeite de dendê; óleo de semente de girassol, bruto; cevada; milho.

Fonte: FAO, 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>.

TABELA A.1
Taxas de crescimento total e por setores das emissões de GEE, medidas em termos de CO₂ equivalente, para os períodos de 1990 a 2018, 2000 a 2018 e 2010 a 2018 nas dez principais economias agroexportadoras e no mundo

País	Total		Agropecuária			Energia			Processos industriais			Mudança no uso da terra			Resíduos			
	1990-2018	2000-2018	1990-2018	2000-2018	2010-2018	1990-2018	2000-2018	2010-2018	1990-2018	2000-2018	2010-2018	1990-2018	2000-2018	2010-2018	1990-2018	2000-2018	2010-2018	
	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	
Estados Unidos	0,2	-0,6	-0,5	0,3	0,2	0,4	0,0	-0,8	-1,0	1,3	0,6	1,7	-2,1	-3,2	-6,7	-1,4	-1,2	-1,3
Holanda	-0,5	-0,8	-1,5	-0,8	-0,4	-0,3	0,1	-0,4	-1,6	-5,2	-7,1	-2,3	-0,3	-0,3	2,5	-5,5	-6,5	-5,3
Brasil	-0,5	-1,3	-4,8	1,4	1,5	0,1	2,7	1,8	1,1	1,7	0,8	-0,3	-3,5	-5,3	-12,4	3,0	2,4	1,2
Alemanha	-1,3	-1,0	-1,3	-1,4	-0,9	-1,0	-1,2	-1,0	-1,1	-2,1	-1,1	-0,4	-1,9	-3,0	6,1	-5,2	-6,3	-5,7
França	-1,0	-1,6	-1,4	-0,6	-0,7	-0,4	-0,5	-1,1	-1,4	-1,7	-0,9	-1,7	3,3	5,2	-0,9	-0,1	-1,7	-3,2
Espanha	1,1	-0,2	-0,7	0,3	-0,1	0,7	0,7	-0,6	-0,7	-0,3	-2,8	-5,6	-3,9	-6,0	-3,9	1,4	0,4	0,0
China	5,1	5,8	2,2	0,5	0,0	-0,4	5,4	6,3	2,5	9,4	7,8	3,5	2,2	3,5	8,8	0,1	1,0	3,3
Itália	-0,6	-1,3	-1,9	-1,1	-0,9	-0,3	-0,7	-1,5	-2,6	-0,7	-1,5	-2,6	-3,5	-5,4	-11,7	0,1	-1,3	-1,7
Canadá	0,7	0,2	-3,0	0,8	0,5	0,8	1,1	0,4	0,9	-1,0	0,3	2,8	-1,9	-3,1	-22,7	0,1	-0,2	0,4
Bélgica	-0,5	-1,2	-1,4	-0,7	-0,5	-0,6	-0,6	-1,2	-1,6	-0,7	-2,6	-3,4	-	-	-	-4,5	-6,5	-5,7
Mundo	1,4	1,8	1,1	0,6	0,7	0,7	1,6	2,0	1,1	4,1	4,2	3,4	-1,1	-1,0	-0,9	0,6	0,5	1,2

Fonte: World Bank, 2021.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação

Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Coordenação

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

Supervisão

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Revisão

Bruna Neves de Souza da Cruz

Bruna Oliveira Ranquine da Rocha

Carlos Eduardo Gonçalves de Melo

Crislayne Andrade de Araújo

Elaine Oliveira Couto

Luciana Bastos Dias

Rebeca Raimundo Cardoso dos Santos

Vivian Barros Volotão Santos

Deborah Baldino Marte (estagiária)

Maria Eduarda Mendes Laguardia (estagiária)

Editoração

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Camila Guimarães Simas

Leonardo Simão Lago Alvite

Mayara Barros da Mota

Capa

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Projeto Gráfico

Aline Cristine Torres da Silva Martins

The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.

Missão do Ipea
Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro
por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria
ao Estado nas suas decisões estratégicas.



ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DO
PLANEJAMENTO
E ORÇAMENTO

