

Título do capítulo	CAPÍTULO 9 PRODUÇÃO E SUSTENTABILIDADE PRODUTIVA
Autor(es)	Zenaide Rodrigues Ferreira José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho
DOI	DOI: http://dx.doi.org/10.38116/9786556350820cap9

Título do livro	Agricultura Brasileira: da porteira para dentro e de fora para o mundo
Organizadores	José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho Zenaide Rodrigues Ferreira
Volume	1
Série	-
Cidade	Rio de Janeiro
Editora	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)
Ano	2025
Edição	1a
ISBN	9786556350820
DOI	DOI: http://dx.doi.org/10.38116/9786556350820

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea 2025

© Nações Unidas 2025

LC/BRS/TS.2025/1

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

Acesse: <https://repositorio.ipea.gov.br/> e <https://www.cepal.org/es/publications>

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 e da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) ou as dos países que representa.

Os limites e os nomes que figuram nos mapas desta publicação não implicam seu apoio ou aceitação oficial pelas Nações Unidas.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas. Os Estados-membros das Nações Unidas e suas instituições governamentais podem reproduzir este estudo sem autorização prévia. É solicitado, apenas, que mencionem a fonte e informem à CEPAL sobre essa reprodução.

Este estudo foi elaborado no âmbito do Programa Executivo de Cooperação entre a CEPAL e o Ipea.

PRODUÇÃO E SUSTENTABILIDADE PRODUTIVA

Zenaide Rodrigues Ferreira¹
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho²

1 INTRODUÇÃO

Os ganhos de produtividade na agropecuária são essenciais no debate de segurança alimentar e sustentabilidade ambiental.³ 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. Como apontado pela CEPAL (2022), alguns dados indicam que o aumento da complexidade econômica, manifestado pelo aumento da quantidade de conhecimento incorporado à estrutura produtiva, está estreitamente relacionado às práticas de produção sustentáveis. 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 por meio do desmatamento, reduzindo a pressão sobre os níveis de emissões de gases de efeito estufa (GEEs).

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

1. Bolsista do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) no 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); e professora adjunta de economia do Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais do Distrito Federal (Ibmec-DF). *E-mail*: zenaide.r.ferreira@gmail.com.

2. Técnico de planejamento e pesquisa na Dirur/Ipea; e professor do Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas e Desenvolvimento do Ipea. *E-mail*: jose.vieira@ipea.gov.br.

3. 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, conferir: CMMAD (1991), FAO (1988) e Alvarez e Mota (2010).

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, 2022).

Essa evolução da moderna agricultura contrapõe-se veementemente a 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.⁴

Embora, de forma estilizada, seja evidente a relação que se estabelece entre avanço tecnológico, produtividade e sustentabilidade ambiental na agricultura, dimensionar essa relação, em 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. Tais indicadores buscam relacionar as dimensões da produtividade agrícola e da sustentabilidade ambiental, esta última medida em termos de emissões de GEEs e pelo efeito poupa-florestas (EPF). As emissões de GEEs pelos setores da agropecuária e da mudança no uso do solo podem refletir uma trajetória de sustentabilidade ambiental, enquanto o EPF, 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 of the United Nations – FAO). Em ordem crescente da classificação do valor das exportações agropecuárias, os países analisados foram: Estados Unidos, Holanda, Brasil, Alemanha, França, Espanha, China, Itália, Canadá e Bélgica. De acordo com 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 GEEs. Para complementar a análise comparativa, foi calculado também o EPF, utilizado para mensurar a área poupada de terras como função do avanço tecnológico.

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

Em resumo, este capítulo apresenta três relevantes resultados: i) países que investem em tecnologias sustentáveis conseguem, simultaneamente, aumentar produtividade e diminuir emissões de GEEs; 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 colabora 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, este capítulo contém quatro seções, incluindo esta breve introdução. A seção 2 descreve a metodologia, trazendo o objeto de comparação, assim como o cálculo da produtividade com emissão de GEEs e do EPF. A seção 3 abrange a discussão dos resultados. Faz-se um diagnóstico do setor agropecuário nos países selecionados, elencando os indicadores de produtividade com emissões e do EPF. Como desfecho, 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. Em ordem crescente da classificação do valor das exportações agropecuárias, os países analisados foram: Estados Unidos, Holanda, Brasil, Alemanha, França, Espanha, China, Itália, Canadá e Bélgica (tabela 1).

Com exceção do Brasil e da China, que são economias emergentes, os demais países incluem economias industrializadas, assim como aquelas em transição, conforme definido pelas Nações Unidas (UNCC, 2022a; 2022b). 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 que prometem atender às necessidades e preocupações especiais desses países, como investimentos, seguros e transferência de tecnologia.

TABELA 1

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

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

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

Elaboração dos autores.

Obs.: FOB – free on board; PIB – produto interno bruto.

Observa-se que os países que mais exportam produtos agropecuários também estão entre os principais importadores deste setor, especialmente a China, a primeira na classificação mundial das importações de produtos agropecuários, seguida dos Estados Unidos e da Alemanha. O Brasil, por sua vez, foi o país com menor volume de importações agrícolas, movimentando em torno de US\$ 12,4 bilhões em 2021, o que o colocou em primeiro lugar na classificação mundial da balança comercial do setor agropecuário.

Em termos de participação, considerando o total do valor exportado, o Brasil foi o país com maior participação do setor agropecuário nas exportações totais (36,1%). Em relação ao PIB, a participação das exportações de produtos agrícolas foi igual a 6,3% no Brasil, inferior aos percentuais da Holanda (11,3%) e da Bélgica (8,6%). 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.

2.2 Método analítico

2.2.1 EPF

O EPF é utilizado para medir a área poupada de terras como uma função do avanço tecnológico. 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:

$$A_l = G \cdot S \quad (2)$$

Onde $S = A_n/L$ e $G = P/A_n$.

Para calcular o EPF, foram utilizadas estatísticas oficiais (FAO, 2020; 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 compreensão do uso sustentável dos insumos produtivos. Para mensurar este efeito, a área poupada para produzir a quantidade de alimentos e de carnes, considerando 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) no período final ($t = 1$) pela produtividade do período inicial (A_{it}), de modo que ($t = 0$; $i = \{a \text{ (agricultura)}; l \text{ (pecuária)}\}$), e subtraindo pela área utilizada no período corrente (L_1).

2.2.2 Cálculo da produtividade total dos fatores com emissões de GEEs

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

Analiticamente, 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 consistem em um insumo negativo, que não pode ser mensurado monetariamente. A partir dessa especificação, a medição do crescimento da produção (G_P) menos 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, relativo 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), conforme a seguir:

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

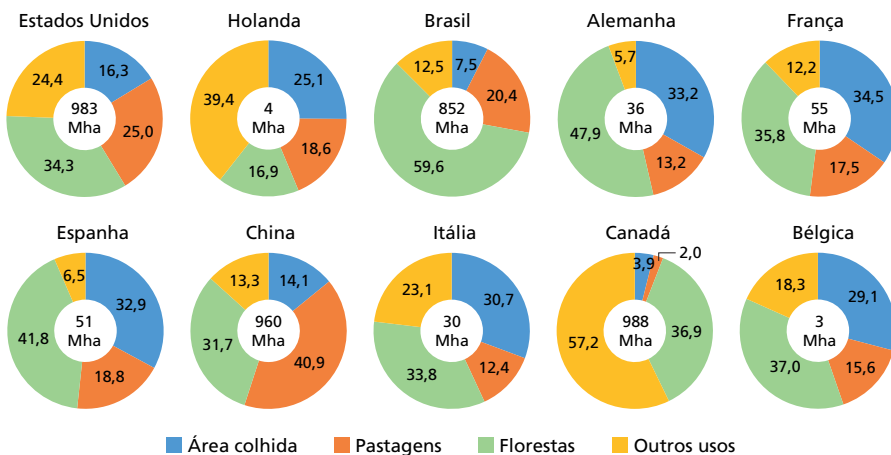
Para mensuração da PTF com emissão para diferentes países, trabalharam-se dados de produtividade, de insumos e de emissões. Em relação à produtividade e aos insumos, as estatísticas foram obtidas junto ao estudo do Ministério da Agricultura dos Estados Unidos (The United States, 2022). Quanto às informações 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 EPF e produção por emissão de GEEs

Antes de iniciar a discussão sobre os indicadores, é importante destacar as estatísticas relacionadas ao uso do solo nas economias analisadas. O gráfico 1 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 destinadas à produção agrícola (7,5% do território nacional). Em termos de pastagens, o Brasil apresentou percentual de 20,4%.

GRÁFICO 1
Participação do uso da terra em relação à área territorial dos países selecionados (2020)
(Em %)



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, o 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%.

Quanto às florestas nativas, os dados da FAO mostram uma redução de 0,5% ao ano dessas áreas no Brasil, simultaneamente a um crescimento das florestas plantadas, que foi igual a 5,8% ao ano, 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% ao ano 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).⁵ 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 deste bioma a partir de 2004, intensificada a partir de 2015 (Maurano, Almeida e Meira, 2019).

Cabe observar que, segundo o Inpe, 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 dados da FAO, 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).

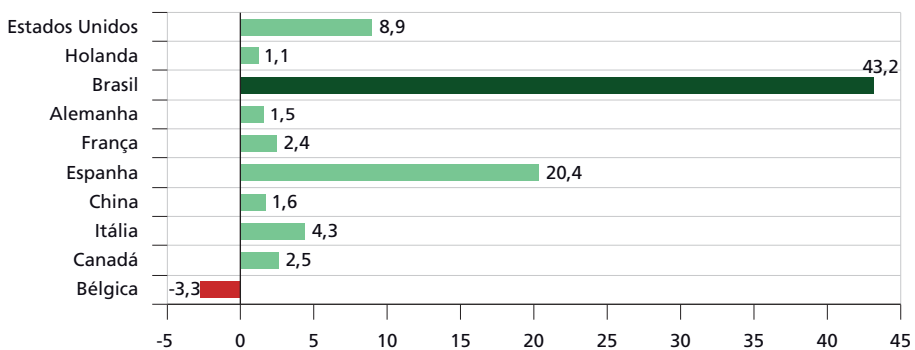
As estatísticas mencionadas até aqui indicam que o Brasil é exemplo na preservação, mesmo tendo um crescimento agropecuário sólido e uso relativamente baixo da terra, que incorpora pastagens e área plantada. Outra forma de verificar esse desempenho é por meio do EPF, um índice de impacto da mudança técnica da produção agropecuária. Este 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 2. 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

5. Para mais informações, conferir os dados disponíveis em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/>. Acesso em: set. 2023.

1990, seria necessário ocupar mais de 366 milhões de hectares, ou o equivalente a 43,2% 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 2
EPF nos países selecionados (2020)
(Em %)



Elaboração dos autores.

O EPF revela contribuições importantes do avanço tecnológico. Indiretamente, a adoção de tecnologias colaborou para evitar o desmatamento, que interfere nas emissões geradas pelas mudanças no uso da terra, setor conhecido pela sigla LULUCF, do inglês *land use, land-use change and forestry*. Segundo a UNFCC, as emissões relacionadas às mudanças no uso da terra são reconhecidas como fonte líquida significativa de GEEs na atmosfera, especialmente entre os países menos desenvolvidos.

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 GEEs. Os sumidouros se constituem por atividades que podem aumentar as remoções de GEEs da atmosfera ou que diminuem as emissões, interrompendo a perda de estoques de carbono. Os reservatórios de GEEs são responsáveis pela acumulação de CO₂ atmosférico na vegetação e nos solos dos ecossistemas terrestres, conforme informações da UNFCC.

Neste sentido, atividades de manutenção da cobertura vegetal, reflorestamento, manejo florestal e recuperação de áreas degradadas, incluindo pastagens, são desejáveis para preservar ou aumentar os estoques de carbono florestal, contribuindo para os objetivos de mitigação. Estas ações envolvem uma modernização completa do setor produtivo. Assim, o dinamismo produtivo se associa diretamente à manutenção da sustentabilidade ambiental da atividade setorial.⁶

No Brasil, as emissões de GEEs originadas pela mudança do uso da terra têm participação significativa nas emissões totais, se comparadas aos demais países analisados. A tabela 2 apresenta as emissões de GEEs por diferentes setores e países. Em 2018, a mudança no uso do solo representou 27,3% das emissões, sendo que a 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. Esta 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%.

TABELA 2

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

País	Emissão total de GEEs (Mt CO ₂ equivalente)	Participação por setor de emissão de GEEs (%)				
		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 (2020b).
Elaboração dos autores.

6. 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 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.

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

No rol dos 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 GEEs em 2018. Nas duas últimas décadas, esses países reduziram em 1,0% as emissões desse setor, diminuição 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 6,0%, 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% ao ano.

O setor agropecuário, por sua vez, é o maior responsável pelas emissões no Brasil, correspondendo a 35% das emissões totais de GEEs, 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% (World Bank, 2020b).

Ao contrário do setor de energia, cujas emissões de GEEs 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 GEEs. 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; Brasil, 2016).

Segundo dados do Banco Mundial (World Bank, 2020b), 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 deste 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 sinalizado 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). Estas 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 (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation – REDD+) (Brasil, 2016).

O crescimento das emissões de GEEs 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 GEEs – ou seja, mensurar quantos quilos de alimentos se produz a cada vez que se emite 1 tonelada de carbono na atmosfera. A tabela 3 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 GEEs ao longo das últimas décadas. Em 1990, o país emitia uma tonelada de carbono na atmosfera para produzir 243 toneladas de produção agrícola. Em 2020, com a mesma tonelada de carbono, a produção de alimentos envolvida era o triplo (ou 748,2 toneladas). 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 GEEs diminuem. Nesse mesmo exercício, para os demais países analisados, a produção não chegou nem a duplicar entre 1990 e 2020.

Os aumentos produtivos foram mais expressivos, no geral, considerando as emissões totais, que contabilizam as emissões de GEEs 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 o período analisado, embora a Espanha apontasse sinais de recuperação na última década, com alta de 2,8%. Nesse mesmo período, o Brasil alcançou crescimento da produção por unidade de emissão da agricultura em 6,3%.

TABELA 3
Produção agropecuária por emissão de GEEs e taxa anual média de crescimento (1990-2018)

Emissões de GEEs (t por CO ₂ equivalente)	Setor produtivo	País	1990	2000	2010	2018	Taxa anual média de crescimento (%)			Total (1990-2018)
							1ª década (1990-2000)	2ª década (2000-2010)	3ª década (2010-2018)	
		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
	Produção agrícola	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	-	109,8	116,8	123,3	-	0,6	0,7	-
Produção por emissões totais de GEEs										
		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
	Produção pecuária	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)

Emissões de GEEs (t por CO ₂ equivalente)	Setor produtivo	País	1990	2000	2010	2018	Taxa anual média de crescimento (%)				Total (1990-2018)
							1ª década (1990-2000)	2ª década (2000-2010)	3ª década (2010-2018)		
		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
	Produção agrícola	Frância	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	-0,1		-
Produção por emissões de GEEs 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
	Produção pecuária	Frância	70,7	70,9	76,0	79,6	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 (2020b).

Elaboração dos autores.

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

Na produção pecuária, Holanda, Alemanha e China reportaram decréscimo da produção por unidade de emissão durante todo o 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% (tabela 3).

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 Ferreira e Féres (2020), os resultados da eficiência técnica sugerem que o Brasil produz 26% a menos do que poderia 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 vigentes. 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 Damasceno, 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.⁷ Num comparativo internacional das legislações, o país 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 (Damasceno, Chiavari e Lopes, 2017).⁸ O marco legal e ambiental brasileiro constitui uma grande contribuição em relação aos demais países analisados, notadamente os principais críticos na comunidade internacional, como França e Alemanha.

É 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 o intuito de promover o desenvolvimento regional e indiretamente minimizar os incentivos ao desmatamento. A regularização da posse da terra altera os incentivos ao investimento, 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.

7. O Código Florestal (Brasil, 2012) permite na pequena propriedade rural, voltada à agricultura familiar, algumas práticas produtivas nas áreas de preservação permanente (APP) e reserva legal (RL).

8. Da mesma maneira, o Código Florestal permite o pagamento por serviços ambientais (PSA) em áreas de RL e APP, assim como a Lei de Pagamento por Serviços Ambientais (Lei nº 14.119/2021). Entretanto, esta não é a regra dos casos no Brasil, mas a exceção.

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 esta hipótese. Assunção, Gonzalez-Navarro e Szerman (2019), ao estudar as políticas de titulação, encontraram que esta prática reduz o desmatamento substancialmente.

Não obstante os 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% destinados a pagamentos diretos, subsídios que remuneram os agricultores pela preservação ambiental e pela entrega de bens públicos, como o cuidado do campo (EC, 2019a).

Entretanto, conforme Guth *et al.* (2020), Pe'er *et al.* (2020), EC (2019b) e Montanarella, Scholes e Brainich (2018), 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, 2019b), 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.

3.2 PTF com emissões de GEEs

Considerando a medida mais geral do desempenho agropecuário das economias agroexportadoras, os resultados da PTF são apresentados na tabela 4. Como apontado pelo Ministério da Agricultura dos Estados Unidos em seu *site*, 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 na classificação 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 4
Índice da PTF e taxas de crescimento em diferentes períodos (1990-2019)

País	Índice da PTF				Taxa anual média 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: The United States (2022).
Elaboração dos autores.

A tabela 5 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 GEEs (totais e agropecuárias). Não obstante os 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 igualmente 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: 2,5%.

TABELA 5

Taxa de crescimento da PTF – total, por emissões totais e por emissões agropecuárias
(Em %)

País	Crescimento da PTF			Crescimento da PTF por emissões totais de GEEs			Crescimento da PTF por emissões agropecuárias de GEEs		
	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	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 vinte anos, segundo dados do Inpe. No âmbito da PTF por emissões totais de GEEs, destaca-se também o desempenho do Canadá e da Espanha, cujos esforços de redução de emissões de GEEs 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 Banco Mundial. 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 (Brasil, 2016).

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, obteve um aumento nas emissões de seus demais setores, em média, nove vezes maior do que a redução obtida. 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

O financiamento, seja de políticas públicas, ou mesmo de investimento privado, com o intuito de incorporar práticas e tecnologias que promovam o desenvolvimento sustentável, é central na constituição de uma economia verde. A organização e o monitoramento de indicadores econômicos são essenciais para subsidiar as instituições financeiras, que captam recursos no mercado para viabilizar os investimentos necessários à transformação tecnológica. Buscou-se, nesse sentido, apresentar um comparativo internacional de diferentes indicadores das dez principais economias agroexportadoras. Nesta comparação, observaram-se aqueles países que conseguem produzir mais com menos recursos, e ainda mitigar e reduzir a emissão de carbono, principal componente associado às mudanças climáticas.

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, prevenindo assim o desmatamento. Este efeito é aqui denominado 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, um quilograma de alimento produzido em 2018 gerava menos emissões do que no passado. Esse comportamento não foi igual para os demais países estudados.

Ao analisar a produtividade por emissão de GEEs, o Brasil liderou o crescimento desse indicador, seja no comparativo das emissões totais ou mesmo das 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 ao dos demais países, principalmente na última década. Os resultados mostram que este índice é relevante para aferir o desempenho 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 considerar que países que investem em tecnologias sustentáveis conseguem aumentar a sua produtividade e diminuir as emissões de GEEs. 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.

REFERÊNCIAS

ALCANTARA, 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, Oct. 2021.

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.]: [s.n.], 2019. Preliminar version.

BARRETO, P.; ARAÚJO, E. **O Brasil atingirá a sua meta de redução do desmatamento?** Belém: Imazon, 2012.

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; Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental; Departamento de Políticas de Combate ao Desmatamento. **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. Brasília: MMA; SMCQ; PPCDAm, 2016.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações; Secretaria de Pesquisa e Formação Científica. **Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília: MCTI; SPEF, 2020. 620 p.

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.

_____. **Rumo à transformação do modelo de desenvolvimento na América Latina e no Caribe: produção, inclusão e sustentabilidade – síntese**. Santiago: CEPAL, 2022.

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

DAMASCENO, R.; CHIAVARI, J.; LOPES, C. L. **Evolution of land rights in rural Brazil**. Rio de Janeiro: Omidyar Network; Climate Policy Initiative, 2017. (Report).

EC – EUROPEAN COMMISSION. **Evaluation study of the impact of the CAP on climate change and greenhouse gas emissions**. (Final Report). Brussels: EU, 2019a. Disponível em: <https://data.europa.eu/doi/10.2762/54044>.

_____. **Communication from the Commission: the European Green Deal**. Brussels: EU, 2019b. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52019DC0640>.

_____. **The common agricultural policy at a glance: agriculture and rural development**. Brussels: EU, [2023]. Disponível em: https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-glance_en. Acesso em: out. 2022.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Report of the FAO Council: 94th session**. Rome: FAO, 1988.

_____. **Faostat**: 2020. Rome: FAO, 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>.

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

_____. **Agriculture, forestry and other land use emissions by sources and removals by sinks**: 1990-2011 analysis. Roma: FAO, 2014a. (Working Paper, n. 2).

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

FERREIRA, M. D. P.; FÉRES, J. G. Farm size and land use efficiency in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 99, p. 104901, Dec. 2020.

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

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>.

LEWIS, W. A. Economic development with unlimited supplies of labour. **The Manchester School**, v. 22, n. 2, p. 139-191, May 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. 104854, May 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) – 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.

MONTANARELLA, L.; SCHOLLES, R.; BRAINICH, A. (Ed.). **The assessment report on land degradation and restoration**. Bonn: IPBES, 2018. (Report). Disponível em: <https://www.ipbes.net/assessment-reports/ldr>.

PE'ER, G. *et al.* Action needed for the EU Common Agricultural Policy to address sustainability challenges. **People and Nature**, v. 2, n. 2, p. 305-316, June 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).

THE UNITED STATES. United States Department of Agriculture. **International agriculture productivity: economic research service**. Washington, D.C.: USDA, Feb. 2022. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/data-products/international-agricultural-productivity/>.

UNCC – UNITED NATIONS CLIMATE CHANGE. **Process and meetings**. Bonn: UNCC, 2022a. Disponível em: <https://unfccc.int/>.

_____. **Topics**. Bonn: UNCC, 2022b. Disponível em: <https://unfccc.int/>.

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.; CARVALHO, A. X. Y. (Org.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: Ipea, 2016. p. 89-107.

_____. 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: edição 2017 – coletânea de trabalhos**. Rio de Janeiro: ABDE, 2017. p. 227-258.

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

WORLD BANK. **World Development Indicators**. Washington: World Bank, 2020a. Disponível em: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>.

_____. **Country Climate and Development Report**. Washington: World Bank, 2020b. Disponível em: <https://databank.worldbank.org/source/country-climate-and-development-report-ccdr#>.

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

