ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of
ZBW
Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Vieira Filho, José Eustáquio Ribeiro

Working Paper

Efeito poupa-terra e ganhos de produção no setor agropecuário brasileiro

Texto para Discussão, No. 2386

Provided in Cooperation with:
Institute of Applied Economic Research (ipea), Brasília

Suggested Citation: Vieira Filho, José Eustáquio Ribeiro (2018) : Efeito poupa-terra e ganhos de produção no setor agropecuário brasileiro, Texto para Discussão, No. 2386, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/211337

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.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

TEXTO PARA DISCUSSÃO

2386

EFEITO POUPA-TERRA E GANHOS DE PRODUÇÃO NO SETOR AGROPECUÁRIO BRASILEIRO

José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho

ipea

2386
TEXTO PARA DISCUSSÃO
Brasília, abril de 2018

EFEITO POUPA-TERRA E GANHOS DE PRODUÇÃO NO SETOR AGROPECUÁRIO BRASILEIRO[1]

José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho[2]

1. Este texto está baseado no trabalho agraciado no Prêmio da Associação Brasileira de Desenvolvimento e do Banco Interamericano de Desenvolvimento (ABDE-BID) de 2017. Para mais detalhes sobre esse trabalho, ver Vieira Filho (2017). Ademais, o estudo contou com o apoio financeiro do Banco Mundial no projeto de mensuração do capital natural no setor agropecuário brasileiro. O autor agradece o reconhecimento e o incentivo dessas instituições.
2. Técnico de planejamento e pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (Dirur) do Ipea e professor do Programa de Pós-Graduação em Agronegócio da Universidade de Brasília (Propaga/UnB). *E-mail*: <jose.vieira@ipea.gov.br>.

Governo Federal

Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão
Ministro Esteves Pedro Colnago Junior

ipea **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, 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.

Presidente
Ernesto Lozardo

Diretor de Desenvolvimento Institucional
Rogério Boueri Miranda

Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia
Alexandre de Ávila Gomide

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas
José Ronaldo de Castro Souza Júnior

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais
Alexandre Xavier Ywata de Carvalho

Diretor de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura
Fabiano Mezadre Pompermayer

Diretora de Estudos e Políticas Sociais
Lenita Maria Turchi

Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais
Ivan Tiago Machado Oliveira

Assessora-chefe de Imprensa e Comunicação
Regina Alvarez

Ouvidoria: http://www.ipea.gov.br/ouvidoria
URL: http://www.ipea.gov.br

Texto para Discussão

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos direta ou indiretamente desenvolvidos pelo Ipea, os quais, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2018

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1.Brasil. 2.Aspectos Econômicos. 3.Aspectos Sociais. I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

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, Desenvolvimento e Gestão.

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

JEL: O13; O44; Q10.

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO 7

2 METODOLOGIA 9

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS 12

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 35

REFERÊNCIAS 37

ANEXO A 41

SINOPSE

A fronteira agrícola se expandiu pelo Cerrado brasileiro, principalmente devido ao uso intensivo de conhecimento e tecnologia. O crescimento da produção pecuária avança no Centro-Oeste, no Matopiba (acrônimo formado pelas iniciais dos estados do Maranhão, do Tocantins, do Piauí e da Bahia) – dentro do Cerrado nordestino – e na fronteira com a Amazônia. Busca-se apresentar um diagnóstico dessa expansão, uma análise do efeito poupa-terra e uma comparação entre produção e emissões de gases de efeito estufa (GEEs). Embora o setor agropecuário seja responsável por grande parte das emissões, fundamentalmente por fermentação entérica e fertilização do solo, o potencial da pecuária para mitigar os problemas de mudança climática é maior entre os demais setores da economia. Finalmente, propõe-se metodologia de cálculo da produtividade total dos fatores com emissões de GEE, um indicador para classificar a importância das atividades produtivas em termos de sustentabilidade ambiental, a fim de auxiliar o desenho de políticas públicas de financiamento e programas para o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: fronteira agropecuária; mitigação; tecnologia; efeito poupa-terra; emissões.

ABSTRACT

The agricultural frontier expanded through the Brazilian Cerrado, mainly due to the intensive use of knowledge and technology. Livestock production growth is shown in the regions of the Midwest, Matopiba (in the northeastern Cerrado) and Amazon border. It aims to present a diagnosis of this expansion, an analysis of the land sparing effect and a comparison between production and greenhouse gas emissions (GHG). Although the agricultural sector is largely responsible for emissions of GHG, due to enteric fermentation and soil fertilization, the potential of livestock production to mitigate climate change problems is also major compared to other economic activities. Finally, a methodology for calculating total factor productivity with GHG emissions in livestock production is proposed, an indicator to classify the importance of productive activities in terms of environmental sustainability, in order to assist design of public financing policies and sustainable development programs.

Keywords: agricultural frontier; mitigation; technology; land sparing effect; emissions.

1 INTRODUÇÃO

Muitos economistas e pesquisadores entendem a mudança tecnológica na agricultura como variável exógena, quando, na verdade, deveriam verificar o contrário. A transformação da agricultura tropical nas últimas décadas, comparada à dinâmica industrial, foi retratada no livro *Agricultura e Indústria no Brasil: inovação e competitividade*,[1] escrito por Vieira Filho e Fishlow (2017). Essa obra mostrou que as inovações tecnológicas originaram-se de mudanças institucionais internas, que contribuíram com eficiência produtiva e sustentabilidade ambiental. O setor agrícola, diferentemente do senso comum, não é *dominado pelos fornecedores*, contrariamente à visão dada por Pavitt (1984). Se fosse, bastaria o governo investir na indústria de insumos para aumentar a *produtividade*.

Para compreender o papel da agricultura no desenvolvimento, alguns fatos merecem destaque. Pela demanda, o cenário aponta para maior concentração de pessoas nos centros urbanos, para aumento da renda *per capita* e para maior inserção das economias emergentes na produção mundial (Maranhão e Vieira Filho, 2016; Vieira Filho, 2017). Esses fatores ampliam, como mostrado por OCDE e FAO (2013), a demanda por alimentos e bens industriais, o que intensifica as emissões de gases de efeito estufa (GEEs) na atmosfera. Pela oferta, novas tecnologias são requeridas para estimular a produção e manter a segurança alimentar. Quanto maior a eficiência no uso dos fatores produtivos, terra e água como recursos escassos, maior é a participação da agricultura na sustentabilidade.[2]

Conforme Vieira Filho (2016), ao mesmo tempo que se tem o aumento da produtividade, a produção agropecuária brasileira se deslocou fundamentalmente para o bioma do Cerrado. Primeiramente, na década de 1980, incorporou-se o Centro-Oeste na fronteira produtiva. Posteriormente, na década de 1990 até 2016, buscou-se, de um lado, consolidar a produção no Centro-Oeste, mas, de outro, por meio da acumulação do conhecimento nas áreas já exploradas, expandiu-se a produção para o Cerrado nordestino, especialmente na região denominada Matopiba, que engloba parte dos estados

1. O referido livro está disponível gratuitamente no *site* do Ipea: <https://goo.gl/5zHPJz>.

2. Diante do quadro produtivo, especificamente no setor agropecuário, o Brasil se tornou um dos principais países produtores. De acordo com Gasques *et al*. (2012), a produtividade total dos fatores cresceu acentuadamente desde a década de 1970. Além disso, segundo Gasques *et al*. (2016), verificou-se que a década de 1990 foi decisiva para os ganhos de rendimento. Enquanto a média do crescimento anual da produtividade ficou em torno de 3% no período de 1974 a 1997, o mesmo indicador passou para 4,3% no momento posterior, de 1997 a 2014.

do Maranhão, do Tocantins, do Piauí e da Bahia.[3] Esse movimento de expansão produtiva se mostrou na produção agrícola e pecuária, o que também chamou atenção das práticas de desenvolvimento sustentável.

O debate entre crescimento e meio ambiente tornou-se mais evidente desde a apresentação do diagnóstico de aquecimento global associado ao aumento de GEE na Rio-92.[4] No Brasil, as discussões ganharam impulso por associar o crescimento ao desmatamento. Porém, em 2004, por estratégia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), promoveu-se, pela primeira vez no mundo, a liberação de imagens de satélite do território de um país, possibilitando o monitoramento mais eficaz do desmatamento. Desde então, houve declínio da taxa de desmatamento anual, cerca de 70% entre 2004 e 2016. Nos últimos quinze anos, observou-se substituição das pastagens pelo avanço do cultivo mecanizado de grãos e de cana, empurrando a produção pecuária para áreas de florestas.

Embora responsável por grande parte das emissões, 32% do total em 2010, conforme o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), o setor agropecuário tem grande potencial de mitigação dos problemas climáticos (Brasil, 2016). Observou-se que a fermentação entérica do gado bovino (18,4% produzida pelo metano) e a aplicação de adubos e fertilizantes sintéticos (11% com forte emissão de óxido nitroso) foram as principais fontes emissoras. Não obstante, o impacto ambiental da pecuária merece atenção. Parte das críticas decorre da afirmação de que a expansão se relaciona ao desmatamento. Contudo, o principal motivo se associa ao manejo inadequado das pastagens. Áreas ocupadas com pasto pouco produtivo (de baixa capacidade de suporte) conduz a uma produção com emissão de altos níveis de GEE por quantidade de carne ofertada. A capacidade de armazenar carbono é influenciada pelo uso e manejo do solo. Quanto maior a taxa de lotação sem investimento na recuperação das pastagens, maior é a perda de carbono do solo para o ambiente. Existem várias técnicas de recuperação, tais como calagem e adubação, tratamentos físico-mecânicos e integração lavoura-pecuária.

3. Para uma avaliação do Matopiba nas dimensões econômica, ambiental e de mercado de trabalho, recomendam-se as leituras dos respectivos trabalhos: Buainain, Garcia e Vieira Filho (2017), Garcia e Vieira Filho (2017) e Serigati *et al*. (2017).
4. O primeiro acordo climático decorrente foi o Protocolo de Quioto, discutido e negociado em 1997 no Japão. Esse tratado tinha compromissos rígidos para a redução de GEEs. O princípio adotado foi o da responsabilidade comum, mas diferenciada entre os países, com base no nível de desenvolvimento econômico e na participação histórica de concentração atmosférica de gases poluentes. O acordo foi ratificado em 1999, entrando em vigor somente em 2005, logo após as assinaturas de um conjunto de países responsáveis por pelo menos 55% das emissões globais de GEE (Ipea, 2010).

Este estudo procura debater o seguinte questionamento: a produção agropecuária no Brasil se organiza de forma sustentável e, em que medida, é possível comparar ganhos tecnológicos com emissão de GEE? Norteado por este questionamento, busca-se investigar a dimensão da tecnologia na capacidade de poupar recursos escassos. Pretende-se, portanto, apresentar um diagnóstico da expansão produtiva, mensurar o efeito poupa-terra via adoção de tecnologia e comparar esses resultados com as emissões de GEE. Além disso, ao final, apresenta-se uma proposição metodológica de cálculo da produtividade total dos fatores com a incorporação de emissões de GEE na produção pecuária. A precificação do carbono por meio de indicadores produtivos seria essencial no desenho de políticas públicas de financiamento e programas voltados para o desenvolvimento sustentável.

Para tanto, quatro seções são apresentadas, incluindo esta breve introdução. A seção 2 descreve a metodologia de cálculo do efeito poupa-terra. A seção 3 apresenta a caracterização do setor agropecuário brasileiro, com ênfase particular no efeito poupa-terra e na produção pecuária. Ademais, faz-se um comparativo da produção agropecuária por unidade de emissão de GEE. Por fim, na seção 4, têm-se as considerações finais, bem como a construção metodológica de cálculo da produtividade com emissões de GEE.

Como resultados preliminares, de 1990 a 2015, a adoção de tecnologias foi intensa. O efeito poupa-terra ficou em torno de 366 milhões de hectares, quase 43% da área nacional. Ao excluir o avanço tecnológico, subestima-se a participação do setor agropecuário no desenvolvimento sustentável. Os dados mostraram que a produção por unidade de emissão cresceu ao longo do tempo, sinal claro de que a agricultura tem mais a contribuir para o meio ambiente do que o contrário. Portanto, a mudança tecnológica é uma variável endógena dentro da equação de produção da agricultura e pecuária no desenvolvimento econômico sustentável.

2 METODOLOGIA

O desenvolvimento da agricultura brasileira está baseado nos ganhos de produtividade (Gasques e*t al.*, 2012). De acordo com o cálculo de Alves, Souza e Rocha (2012) acerca da função de produção agrícola, um aumento de 100% na renda bruta pode ser

explicado pela tecnologia (68%), pelo trabalho (23%) e pela terra (9%). Este resultado indica a importância da tecnologia na moderna agricultura.

No intuito de analisar a moderna agricultura, de 1990 a 2015, busca-se investigar, como também feito por Martha Júnior, Alves e Contini (2012), o avanço da tecnologia e a sua capacidade de poupar recursos escassos. Procura-se calcular o efeito poupa-terra na produção agrícola e pecuária no Brasil, dando particular ênfase à produção pecuária, já que essa última atividade é responsável por grande parte das emissões de GEE.

No caso da agricultura, a produção pode ser descrita como na equação (1):

$$P = A.L, \tag{1}$$

em que A é a produtividade parcial da terra, e L é a área colhida. Assim, a produtividade da terra pode ser calculada pela divisão da produção total por unidade de terra.

No caso da atividade pecuária, a produção pode ser definida da mesma forma como mostrado na equação (1); entretanto, L representa a pastagem e a produtividade depende de duas variáveis: o peso-carcaça do animal e o número de cabeças por área. Dessa maneira, a produção pecuária é dada pela equação (2):

$$P = G.S.L, \tag{2}$$

em que a produtividade é expressa por $A = G.S$, sendo G o desempenho animal (P/An) ou peso-carcaça, que informa a massa de produto por cabeça de animal, e S a taxa de lotação, que mostra o número de animais por unidade de terra (An/L).[5] O efetivo de animais é aqui denotado por An. Combinando estas informações e rearranjando-as, tem-se a produção pecuária por área.

A expansão de P depende do crescimento de A e de L. Na produção agrícola, de um lado, o crescimento da produtividade é provocado pela pesquisa agropecuária

5. Este estudo trabalhou com o número de animais abatidos no intuito de dar maior ênfase à produção pecuária de corte, ao invés de utilizar o quantitativo total do rebanho.

aplicada, pelo uso de melhores fertilizantes, pela gestão do controle fitossanitário, pelas variedades de alto rendimento, bem como pelas inovações de processo (Correa e Schmidt, 2014; Vieira Filho e Fishlow, 2017). De outro, o crescimento da área colhida se relaciona à localização do bioma, à logística regional, à disponibilidade de mecanização, ao preço relativo dos insumos (inclusive o preço da terra e de outros fatores produtivos) e ao preço final do produto.

Na pecuária, a melhoria no desempenho do animal está correlacionada à melhoria genética, à nutrição balanceada, à qualidade das pastagens e às inovações em gestão (Euclides Filho, 2008; Almeida e Medeiros, 2015). O crescimento da taxa de lotação se associa à fertilidade do solo e à melhoria genética de novas cultivares de forrageiras. Finalmente, o crescimento das áreas com pastagens reflete o custo de oportunidade, tais como o preço da carne, a competição com a produção de alimentos e os termos de trocas para insumos modernos.

Dimensionar a mudança técnica ao longo do tempo não é uma tarefa fácil, seja na produção agrícola, seja na pecuária. Porém, é possível fazer uma estimativa. A comparação temporal, em que as transformações são dadas por dois períodos de tempo, incorpora variáveis como a produção (em unidades de peso), a quantidade utilizada de terras (em unidades de área) e a produtividade (em peso por área). Quando a produção é dividida pela produtividade, determina-se a quantidade utilizada de terras. Um estudo simples é calcular a área empregada em uma situação na qual o avanço tecnológico permanece constante. Para calcular esse efeito sem progresso técnico, basta dividir a produção corrente pela produtividade passada (referente à técnica tradicional) e, em seguida, para descobrir o montante poupado, deve-se apenas deduzir a terra utilizada no período corrente. Assim, o efeito poupa-terra no presente é dado pela equação (3):

$$EPT_1=(P_1/A_0)-L_1, \tag{3}$$

em que 1 e 0 significam os períodos final e inicial, respectivamente.

Uma vez calculado o efeito poupa-terra e sabendo-se a metodologia de cálculo das estimativas de emissões de GEE, pretende-se comparar o cálculo dos avanços tecnológicos com as recentes estimativas feitas pelos órgãos governamentais brasileiros para o atendimento aos compromissos internacionais (Brasil, 2016). Assim, acredita-se que o

diferencial de emissões subestima o efeito da tecnologia nesse processo, principalmente a partir de 2010, que é o ano de referência do terceiro e último inventário realizado pelo governo brasileiro.

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Caracterização do setor pecuário no Brasil

É nítido que há uma expansão da produção agropecuária em direção ao Cerrado brasileiro, notadamente na produção de grãos. Ademais, tem-se uma intensificação da atividade pecuária em regiões tradicionais (no Sul do país, na suinocultura e na avicultura) com a inclusão das regiões limítrofes do Centro-Oeste e do Pará com o bioma amazônico (com a bovinocultura) (Vieira Filho, 2016).

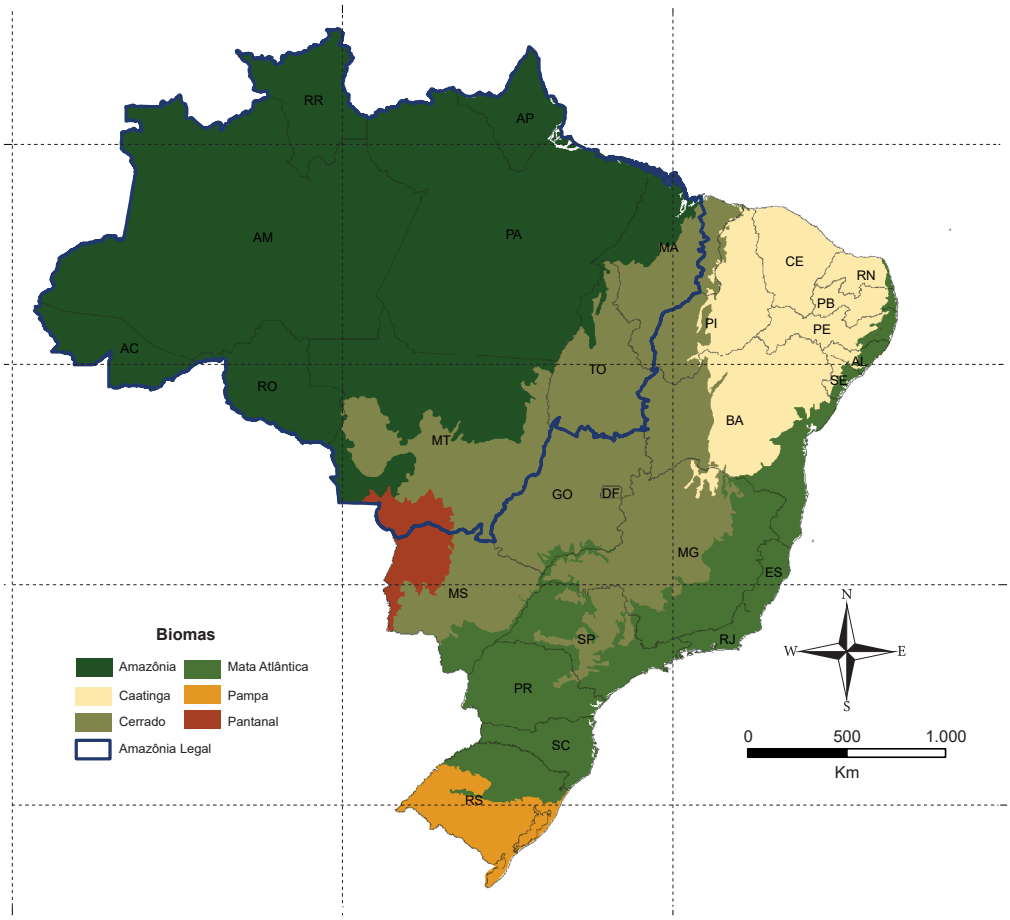
Em relação à produção pecuária brasileira, o deslocamento vem se dando no bordo da floresta amazônica. Entretanto, ao longo das últimas décadas, a expansão da produção pecuária se deu principalmente pelo uso intensivo de conhecimento e tecnologia. Como mostrado por Lapola *et al.* (2014), desde 2005, ao mesmo tempo que se tem uma crescente intensificação e mercantilização da agricultura brasileira, observa-se uma redução pronunciada no desmatamento, que se dissociou do crescimento da produção agropecuária. Esse ocorrido resultou em uma diminuição de aproximados 40% das emissões nacionais de GEE e um potencial resfriamento do clima na escala local.

As mudanças no sistema de uso da terra, segundo Lapola *et al.* (2014), reforçaram ainda mais a desigualdade estabelecida em termos da propriedade da terra, contribuindo para a migração rural-urbana, que, em última análise, alimenta a expansão aleatória das áreas urbanas. Assim, entende-se que uma forte aplicação de políticas setoriais e a resolução de problemas de direitos fundiários seriam passos importantes para conduzir as mudanças produtivas e de uso da terra na direção de uma via sustentável. É preciso compreender os padrões tecnológicos e regionais, no intuito de assessorar o planejamento de políticas públicas de desenvolvimento regional, inclusive em regiões tradicionalmente desfavorecidas.

A figura 1 identifica geograficamente os biomas brasileiros (Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa) e a região da Amazônia Legal, enquanto

o gráfico 1 expõe as taxas de desmatamento de 1990 a 2016.[6] A região que sofre com a maior expansão da pecuária localiza-se na Amazônia Legal, que engloba três biomas: *i*) a Amazônia; *ii*) o Cerrado; e *iii*) uma menor porção do Pantanal.

FIGURA 1
Biomas – Brasil e Amazônia Legal

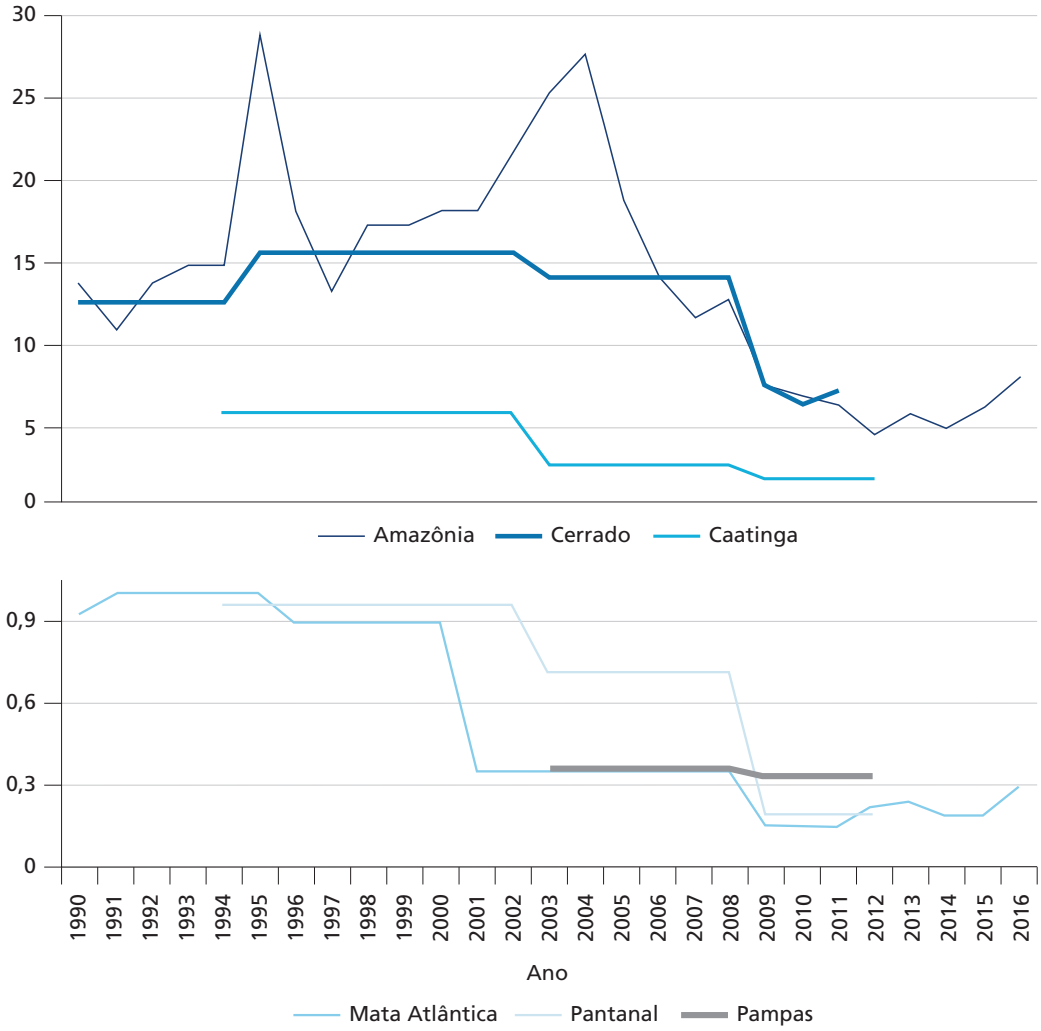


Fontes: INPE, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), MCTIC e Fundação SOS Mata Atlântica.

Elaboração do autor.

6. Para um estudo que faz uma revisão bibliográfica dos determinantes do desmatamento, confira Busch e Ferretti-Gallon (2017). Tais autores concluem que os retornos econômicos em prol do desmatamento diminuem à medida que os custos de transporte aumentam; ou seja, atividades econômicas com elevado custo logístico tendem a se localizar próximas das cidades e meios urbanos, enquanto as de menores custos se estabelecem em áreas mais afastadas e remotas, o que é o típico caso da produção pecuária.

GRÁFICO 1
Taxas anuais de desmatamento – Brasil e Amazônia Legal (1990-2016)



Fontes: INPE, Ibama, MCTIC e Fundação SOS Mata Atlântica.
Elaboração do autor.

Na Amazônia, desde a década de 1990, a expansão da fronteira agropecuária se baseou mais pelos lucros da exploração madeireira e pecuária, bem como pelo menor preço da terra, em contraposição aos incentivos fiscais que dominaram no passado. Com a criação em 2004 do Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal (PPCDAM), como visto por Vieira Filho (2016), houve um declínio proeminente no desmatamento, que passou de uma média anual de aproximados 18.309 km^2 no período 1990-2004 a quase 9.035 km^2 em 2005-2016, com a menor taxa de

4.571 km^2 em 2012. As pastagens voltadas à produção de carne bovina continuam ocupando de 60% a 80% das terras desmatadas (Lapola *et al.*, 2014), com o número do efetivo bovino da região Norte atingindo cerca de 47 milhões de cabeças.

No Cerrado, a agricultura ocupa cerca de 1 milhão de quilômetros quadrados. A criação de gado é uma atividade de grande peso econômico. Não obstante, nos últimos quinze anos, houve intensa substituição das pastagens pelo avanço do cultivo mecanizado em larga escala de soja, milho, algodão e cana-de-açúcar, empurrando a produção pecuária para o bordo do bioma Amazônia. O Cerrado é a região mais importante do Brasil na produção de carne, hospedando cerca de 50% do rebanho nacional. Embora as taxas anuais de desmatamento estejam caindo (uma média de 15.702 km^2 de 1995 a 2002 para 7.248 km^2 em 2011), a geografia regional favorável à agricultura mecanizada contribui para que a queda seja menos acentuada, comparativamente a outros biomas.

No Pantanal, apesar de ser o bioma com menor interferência antrópica (cerca de 15% da sua extensão original, principalmente para pecuária), a silvicultura, a construção de hidrelétricas e a navegação aumentaram a pressão no uso da terra (IBGE, 2012). De qualquer forma, a região experimentou um declínio no desmatamento na última década, tal como no restante do país, de 962 km^2 de 1994 a 2002 para 189 km^2 de 2009 a 2012. Conforme Lapola *et al.* (2014), as preocupações ambientais marcadas sobre a expansão desenfreada das plantações de cana-de-açúcar em biomas vizinhos motivaram a proibição legal do cultivo de cana-de-açúcar no Pantanal e na Amazônia.

Apesar da ênfase dada à questão do bioma Amazônia, fica evidente que há também uma expansão produtiva em direção ao Cerrado, região onde a biodiversidade por área é bastante elevada. Desde 2014, observou-se um moderado crescimento dos índices de desmatamento no Brasil como um todo, o que eleva as preocupações. O efeito poupa-terra é muito importante, seja na fronteira com a floresta, seja nas transformações de uso do solo dentro do próprio Cerrado. Esse último é o bioma com maior potencial de desmatamento, uma vez que não existem programas de monitoramento e vigilância bem estabelecidos, tais como aqueles que existem no caso da floresta amazônica. Barreto e Araújo (2012) discutiram que a maior fiscalização do poder público associada à pressão da sociedade (moratória da soja e ações para responsabilizar a cadeia produtora de carnes na gestão ambiental das propriedades rurais) foram essenciais para reduzir a taxa de desmatamento em todos os biomas, inclusive na Amazônia Legal, a partir de 2005.

TABELA 1
Efetivo de rebanho bovino, por estado (1990-2015)
(Em milhões de cabeças)

Unidade territorial	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2015 (%)	Variação percentual (2000-2015)	Variação percentual (1990-2015)
Rondônia	1,72	3,93	5,66	11,35	11,84	13,40	6,23	136,5	679,5
Acre	0,40	0,47	1,03	2,31	2,58	2,92	1,36	182,2	628,9
Amazonas	0,64	0,81	0,84	1,20	1,36	1,29	0,60	53,4	102,9
Roraima		0,28	0,48	0,51	0,58	0,79	0,37	65,4	181,8[1]
Pará	6,18	8,06	10,27	18,06	17,63	20,27	9,42	97,4	227,9
Amapá	0,07	0,09	0,08	0,10	0,11	0,08	0,04	-4,0	14,2
Tocantins	4,31	5,54	6,14	7,96	7,99	8,40	3,90	36,8	95,0
Maranhão	3,90	4,16	4,09	6,45	6,98	7,64	3,55	86,7	96,0
Piauí	1,97	2,14	1,78	1,83	1,68	1,65	0,77	-7,3	-16,4
Ceará	2,62	2,27	2,21	2,30	2,55	2,52	1,17	14,1	-4,0
Rio Grande do Norte	0,96	0,72	0,80	0,98	1,06	0,92	0,43	14,3	-3,9
Paraíba	1,35	1,05	0,95	1,05	1,24	1,17	0,54	22,9	-13,0
Pernambuco	1,97	1,36	1,52	1,91	2,38	1,95	0,91	28,5	-0,9
Alagoas	0,89	0,83	0,78	0,99	1,22	1,26	0,58	61,2	40,9
Sergipe	1,03	0,80	0,88	1,01	1,12	1,23	0,57	39,9	19,5
Bahia	11,51	9,84	9,56	10,46	10,53	10,76	5,00	12,6	-6,5
Minas Gerais	20,47	20,15	19,98	21,40	22,70	23,77	11,05	19,0	16,1
Espírito Santo	1,66	1,97	1,83	2,03	2,20	2,22	1,03	21,8	33,6
Rio de Janeiro	1,92	1,91	1,96	2,09	2,16	2,35	1,09	20,0	22,2
São Paulo	12,26	13,15	13,09	13,42	11,20	10,47	4,86	-20,0	-14,6
Paraná	8,62	9,39	9,65	10,15	9,41	9,31	4,33	-3,4	8,1
Santa Catarina	2,99	2,99	3,05	3,38	3,99	4,38	2,04	43,6	46,4
Rio Grande do Sul	13,72	14,26	13,60	14,24	14,47	13,74	6,38	1,0	0,2
Mato Grosso do Sul	19,16	22,29	22,21	24,50	22,35	21,36	9,92	-3,8	11,4
Mato Grosso	9,04	14,15	18,92	26,65	28,76	29,36	13,65	55,2	224,8
Goiás	17,64	18,49	18,40	20,73	21,35	21,89	10,17	19,0	24,1
Distrito Federal	0,11	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,04	-13,9	-8,5
Brasil	**147,10**	**161,23**	**169,88**	**207,16**	**209,54**	**215,20**	**100,00**	**26,7**	**46,3**

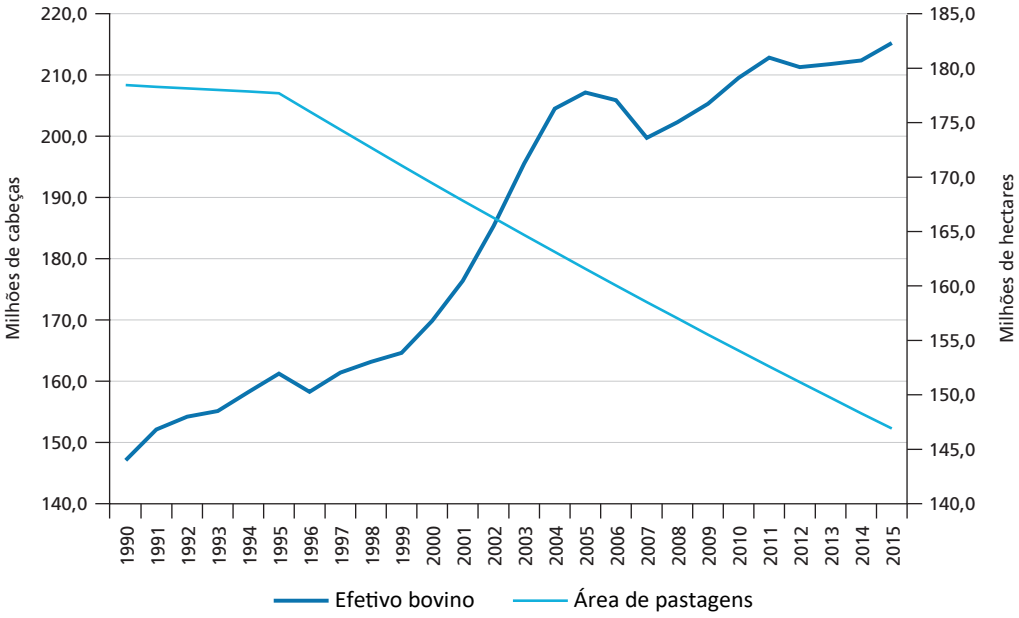
Fonte: Pesquisa Pecuária Municipal/IBGE.
Nota: [1] Variação percentual (1995-2015).

De forma a caracterizar a espacialização do efetivo de rebanho bovino por estado entre 1990 e 2015, a tabela 1 apresenta o número de cabeças por estados federativos, além da variação percentual dos períodos de 2000 a 2015 e de 1990 a 2015. Conforme os números, os estados com maior efetivo bovino em 2015 foram: Mato Grosso

(13,65% do efetivo nacional), Minas Gerais (11,05%), Goiás (10,17%), Mato Grosso do Sul (9,92%) e Pará (9,42%). Contudo, em todo o período, de 1990 a 2015, nota-se que as maiores variações percentuais positivas ocorreram nos estados que fazem limite com o bioma amazônico, tais como Rondônia, Acre, Pará, Mato Grosso, Roraima e Amazonas, nessa ordem. No Brasil, o efetivo bovino era calculado em torno de 147 milhões de cabeças em 1990, expandindo para cerca de 215 milhões de animais em 2015, ou seja, uma variação percentual de 46,3% no período analisado.

No gráfico 2, visualiza-se o aumento do efetivo bovino contraposto com a redução da área de pastagens. De acordo com o Censo Agropecuário de 2006, do conjunto de áreas destinadas a lavouras, pastagens, matas e florestas, as áreas de lavouras representavam em torno de 19% do total, as áreas de matas e florestas contavam com cerca de 31%, enquanto as áreas destinadas às pastagens eram responsáveis por quase metade do montante total. Com a interpolação dos dados dos dois últimos censos agropecuários (1995-1996 e 2006), observa-se uma redução da área de pastagens, provavelmente ocupada por cultivos agrícolas, o que é um indicativo de intensificação da produção pecuária, ou seja, tem-se o aumento do número de animais por unidade de área.

GRÁFICO 2
Efetivo bovino *versus* área de pastagens (1990-2015)

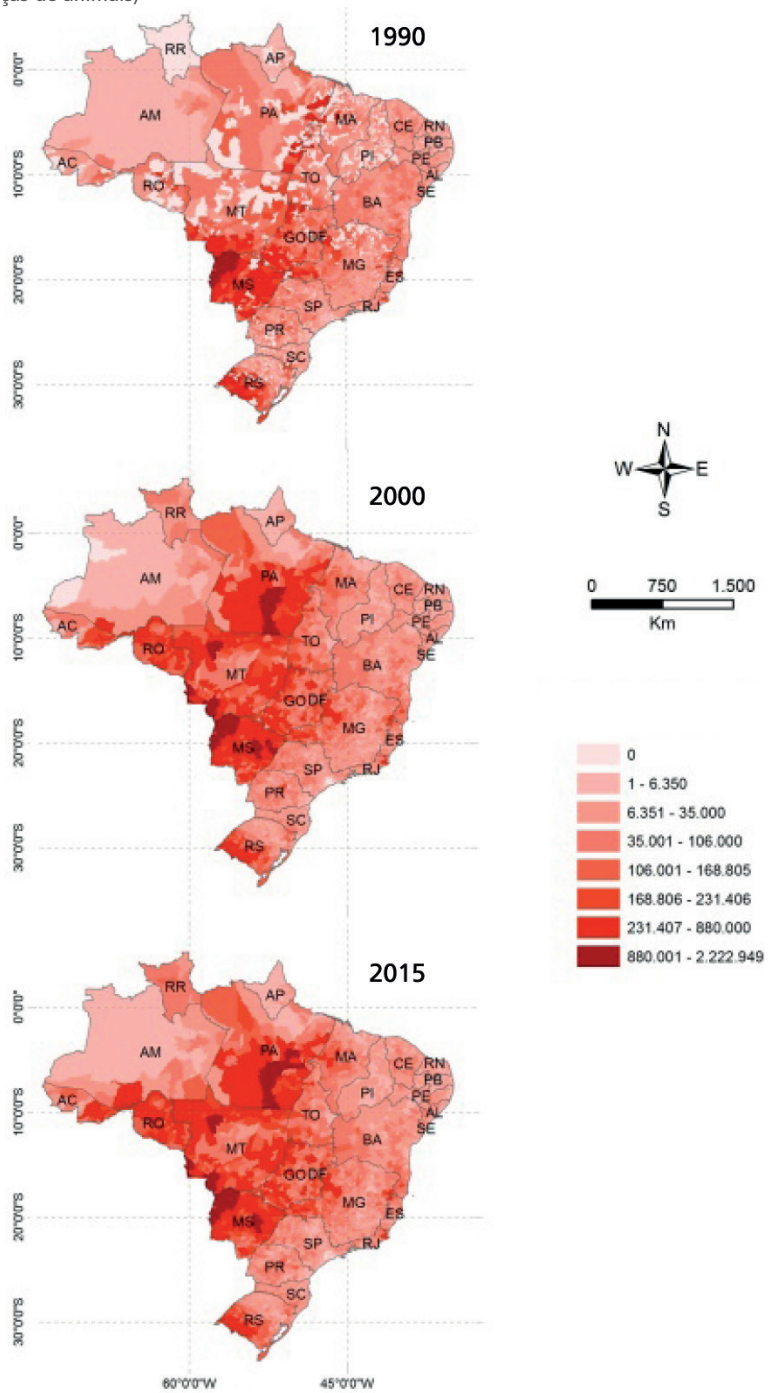


Fontes: Censos agropecuários (1995-1996 e 2006) e Pesquisa Pecuária Municipal/IBGE.
Elaboração do autor.

No intuito de verificar a espacialização do efetivo do rebanho bovino no território nacional ao longo dos anos de 1990, 2000 e 2015, foram construídos três mapas temáticos, nos quais a tonalidade mais escura representa a maior concentração do número de cabeças de animais (figura 2). Ao se fazer o comparativo dos três momentos, nota-se uma relativa distinção do ano de 1990 comparado aos anos de 2000 e 2015. Em 1990, as manchas mais escuras se concentravam no estado do Mato Grosso do Sul, embora já houvesse pontos mais escuros nos estados de Goiás, do Mato Grosso e do Pará. Quando se observa os anos de 2000 e de 2015, as tonalidades mais escuras se intensificaram no bordo da floresta amazônica, junto aos estados do Mato Grosso, do Pará, de Goiás e de Rondônia, além de adentrarem no estado do Maranhão. Portanto, por esses mapas, fica claro que há uma maior competição por terra na fronteira do Cerrado com o bioma Amazônia, situação que aumenta as preocupações com o uso dos recursos naturais, com o desmatamento e com o aumento das emissões de GEE.

Em 2015, como observado na figura 2, o município mais escuro no estado do Pará foi São Félix do Xingu, que tem como principal fonte de renda a criação pecuária. Além disso, é o município com o maior rebanho bovino em todo o território nacional (cerca de 2,2 milhões de cabeças). São Félix do Xingu faz fronteira ao oeste com a região de Altamira (com rebanho de 629 mil cabeças), que, desde 2009, chamou atenção pelas obras de implantação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, mas que não acompanhou os investimentos necessários em infraestrutura, apesar do inchaço populacional na região. Esses problemas agravaram a disputa pela terra e o uso racional dos recursos naturais, já que a região fica às margens do rio Xingu, com uma gama de afluentes. Ainda no Pará, destacam-se Marabá, que detém o quinto maior rebanho nacional (1,07 milhão de cabeças), bem como Novo Repartimento, que possui o oitavo rebanho nacional (930 mil cabeças). No estado do Mato Grosso, o município mais escuro foi Cáceres, com o quarto maior rebanho nacional (1,08 milhão de cabeças), sendo seguido por Vila Bela da Santíssima Trindade, sexto maior rebanho (986 mil cabeças), e por Juara, que tem a economia baseada na extração de madeira e na produção pecuária, tendo o sétimo maior rebanho bovino do país (946 mil cabeças). Dada a expressiva magnitude, a produção de carne e derivados do leite é uma atividade econômica importante tanto no Pará quanto no Mato Grosso.

FIGURA 2
Distribuição do efetivo de rebanho bovino – Brasil (1990, 2000 e 2015)
(Em cabeças de animais)



Fonte: Pesquisa Pecuária Municipal/IBGE.

O impacto ambiental da pecuária é um tema que merece atenção. Parte das críticas ao setor decorre da afirmação de que a expansão se relaciona com o desmatamento; porém, é preciso deixar claro que o principal motivo se associa ao manejo inadequado das pastagens. Os sistemas de produção de gado de corte e leite no país apresentam, predominantemente, baixos índices zootécnicos associados ao manejo inadequado das pastagens, ao passo que a moderna produção é baseada no uso de genética melhorada, tanto do animal quanto das forrageiras, e de investimentos em gestão. Como visto por Malafaia *et al.* (2014), existem áreas ocupadas com pasto pouco produtivo (de baixa capacidade de suporte), o que conduz a uma produção com emissão de altos níveis de GEE por quilograma de carne ofertada. O potencial das pastagens em armazenar carbono é influenciado pela intensidade de uso e manejo do solo. Quanto maior a taxa de lotação sem o devido investimento na recuperação das pastagens ao longo do tempo, maior é a perda de carbono do solo para o ambiente. Existem várias técnicas de recuperação, tais como calagem e adubação, tratamentos físico-mecânicos e integração lavoura-pecuária. Kichel *et al.* (2014) mostram que a produtividade de carne em uma pastagem degradada está em torno de 30 kg/ha ao ano, enquanto, em uma pastagem recuperada por sistemas de integração lavoura-pecuária, os ganhos alcançam valores de 450 kg/ha ao ano.

Vale ressaltar que uma alimentação balanceada contribui para melhorar o desempenho animal, elevando o peso-carcaça e diminuindo, por consequência, o tempo de abate, o que reflete em redução relativa das emissões de GEE. Almeida e Medeiros (2015) mostraram que, em um contexto experimental, os animais com maiores ganhos diários de peso podem emitir menores quantidades de metano, que dependem do alimento ingerido e da qualidade da dieta. Ração com rápida digestão proporciona maior consumo com menor emissão de metano por unidade de alimento ingerido do que dietas de baixa qualidade. Então, pastagens bem manejadas em sistemas de integração, além de melhorarem a qualidade nutricional do alimento para os bovinos, podem acumular carbono em níveis semelhantes ou superiores à vegetação nativa, enquanto as pastagens degradadas promovem perda de carbono acumulado e prejudicam o desempenho animal. Assim, manejo adequado e alimentação balanceada se tornam ativos de sustentabilidade associados ao produto final.

Como os acordos internacionais sobre mudanças do clima envolvem profundas alterações nos padrões de consumo e produção, sempre há resistência por parte das

economias mais poluentes (normalmente mais desenvolvidas) e dos setores prejudicados, que tendem a não cumprir com as metas acordadas. Embora haja dificuldade para a implementação do mercado de carbono em âmbito global, tal como avaliado pelo documento Ipea (2010), cada vez mais há a definição de compromissos voluntários e a regulamentação legislativa entre e dentro dos países signatários dos acordos. Portanto, é de se esperar que se tenha uma valorização da produção associada às práticas produtivas sustentáveis, as quais se constituem em elementos de acesso aos mercados internacionais protecionistas e compromissados com parâmetros de sustentabilidade, fatores que serão essenciais na precificação do carbono em médio e longo prazos.

3.2 Efeito poupa-terra na agricultura e na pecuária brasileira

Para calcular o efeito poupa-terra, na tabela 2, tem-se a organização dos dados que caracterizam o setor agrícola e pecuário no Brasil. Conforme os dados, nota-se um aumento da produtividade tanto na agricultura quanto na pecuária, mas com aumento simultâneo da produção, no período de 1990 a 2015. Em relação ao uso da terra, observa-se que, enquanto há um crescimento da área plantada para a produção agrícola, por lavouras temporárias e permanentes, tem-se uma contração da área destinada às pastagens. Esse movimento é facilmente observado quando se analisa a taxa de lotação, que apresenta o número de animais por unidade de área.

TABELA 2
Características da produção agrícola e pecuária bovina – Brasil (1990-2015)

Setores	Variáveis	Nomenclatura	Cálculo	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Agricultura	Produção (milhões de toneladas)	P	1	467,4	548,6	590,7	614,8	950,2	1.039,1
	Área plantada (milhões de hectares)	L	2	53,2	51,9	51,8	64,3	65,4	76,8
	Produtividade (t/ha)	A	(1/2)=3	8,793	10,580	11,400	9,558	14,535	13,530
Pecuária	Animais abatidos (milhões de cabeças)	An	4	13,4	17,2	17,1	28,0	29,3	30,7
	Área de pastagens[1] (milhões de hectares)	L	5	178,4	177,7	169,4	161,6	154,1	146,9
	Peso-carcaça (kg/cabeça)	G	6	212,0	215,9	228,2	226,3	238,3	244,5
	Taxa de lotação (cabeça/ha)	S	(4/5)=7	0,07	0,10	0,10	0,17	0,19	0,21
	Produtividade (kg/ha)	A	6.7	15,9	20,9	23,0	39,3	45,3	51,0
	Produção (milhões de quilogramas)	P	4.6	2.835,8	3.707,5	3.899,1	6.344,2	6.976,4	7.494,0

Fontes: Pesquisa Agrícola Municipal, Pesquisa Pecuária Municipal e censos agropecuários (1995-1996 e 2006) do IBGE.
Nota: [1] Interpolação de dados dos censos agropecuários (1995-1996 e 2006).

Para fins da pesquisa, a taxa de lotação aqui apresentada se deve ao número de animais abatidos em relação à área. Quando se estuda a taxa de lotação como o efetivo

total de bovinos por unidade de área, o indicador é um pouco superior, variando de 0,8 cabeça/ha, em 1990, para 1,5 cabeça/ha, em 2015. Tem-se, então, um indicativo de baixa intensificação produtiva; porém, esta quase duplicou no período analisado, sinalizando, assim, um potencial para a intensificação.

Os dados mostram a evolução do crescimento da agricultura e da pecuária no Brasil, de 1990 a 2015. Em relação à produção agrícola, fica evidente que o crescimento da produtividade foi instável ao longo do período, tendo relativo avanço na década de 1990 e na segunda metade da década de 2000. Entre 1998 e 2005, a produtividade na agricultura mostrou uma retração. Além disso, nos últimos anos, há também um arrefecimento do rendimento produtivo líquido da terra. Ao longo desse período, o Brasil manteve a liderança das exportações de soja, café, açúcar e suco de laranja, além de apresentar destaque nos mercados de milho e algodão. A safra de grãos, no geral, bateu recordes sucessivos a cada ano e a produção nacional mostrou-se extremamente competitiva, mesmo com os diversos problemas políticos, estruturais e logísticos para o escoamento da produção.

Ao avaliar a produtividade na pecuária bovina, que se baseia na taxa de lotação e no desempenho animal, o seu crescimento é mais linear ao longo do período estudado. A produtividade sai de 15,9 kg/ha para aproximados 50 kg/ha, uma forte expansão no período. Em 1992, o Brasil era o oitavo maior exportador de carne bovina no mundo. No início da década de 2000, o país se tornou o maior exportador desse setor. Em 2015, essa liderança foi mantida, resultado fortemente associado ao desempenho produtivo do setor na economia doméstica (Maranhão e Vieira Filho, 2016).

A tabela 3 apresenta os resultados dos cálculos do efeito poupa-terra tanto na agricultura quanto na pecuária bovina para distintos períodos de tempo. Apenas para relembrar, o cálculo dessa medida visa fazer um estudo de estática comparativa de modo a responder qual seria a área economizada para produzir a quantidade presente com a tecnologia do período passado. Nesse exercício, a área necessária para a produção sem o avanço tecnológico, exceto a área utilizada no momento, determina a quantidade de área que a tecnologia presente foi capaz de poupar o fator terra ao longo do tempo. Calculou-se o efeito poupa-terra para vários períodos. Em dois períodos, na produção agrícola, justamente os momentos em que se obteve uma redução da produtividade, como visto anteriormente, a tecnologia do período corrente não foi capaz de poupar

o fator terra. Para a agricultura, esses períodos negativos foram de 2000 a 2005 e de 2010 a 2015. No que se refere ao período integral, o efeito poupa-terra, apenas na agricultura, ficou em torno de 41,4 milhões de hectares, praticamente uma área 1,6 vez maior do que o estado de São Paulo. Verificou-se também que o período de 2005 a 2015 apresentou um elevado efeito poupa-terra, em torno de 31,9 milhões de hectares.

TABELA 3
Efeito poupa-terra na agricultura e na pecuária bovina no Brasil para vários períodos
(Em milhões de hectares)

Períodos	Agricultura	Pecuária	**Total**
1990-2015	41,4	324,7	**366,0**
1995-2015	21,4	212,3	**233,7**
2000-2015	14,4	178,8	**193,1**
2005-2015	31,9	43,9	**75,9**
2010-2015	-5,3	18,6	**13,3**
1990-1995	10,5	55,6	**66,1**
1995-2000	4,0	17,4	**21,5**
2000-2005	-10,4	114,1	**103,7**
2005-2010	34,0	23,6	**57,7**

Elaboração do autor.

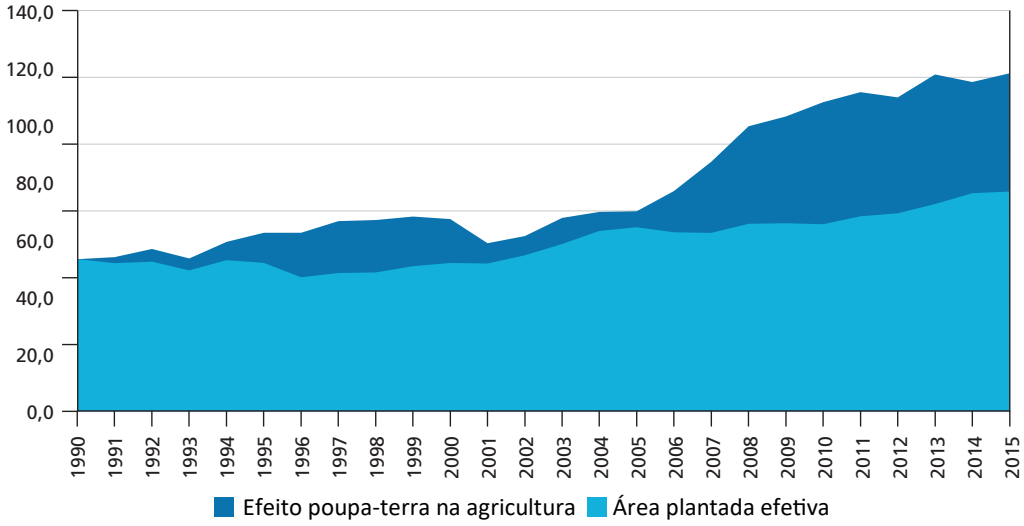
No gráfico 3, tem-se a apresentação ilustrativa do efeito poupa-terra ao longo do tempo. A área em azul escuro representa o efeito poupa-terra. Nota-se que, quando somados, o efeito poupa-terra supera o uso efetivo de áreas. Embora o uso efetivo de áreas tenha crescido na agricultura, no somatório do setor agropecuário, a área efetiva é declinante, enquanto os ganhos de poupa-terra são ascendentes. Esse efeito é expressivo na produção pecuária, sendo importante sua mensuração para dimensionar sua contribuição com a sustentabilidade da produção, já que há economia significativa de fatores escassos.

GRÁFICO 3

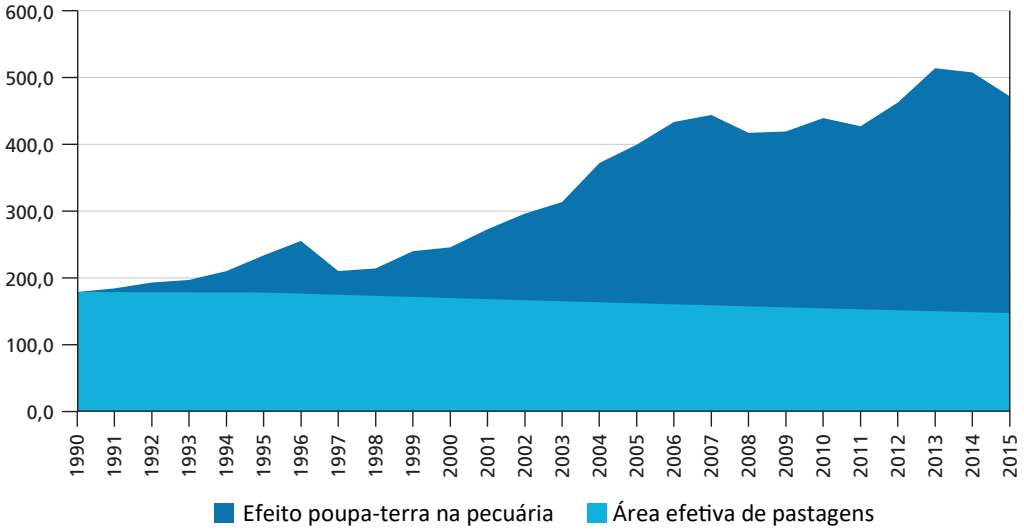
Efeito poupa-terra na agricultura e na pecuária brasileira (1990-2015)

(Em milhões de hectares)

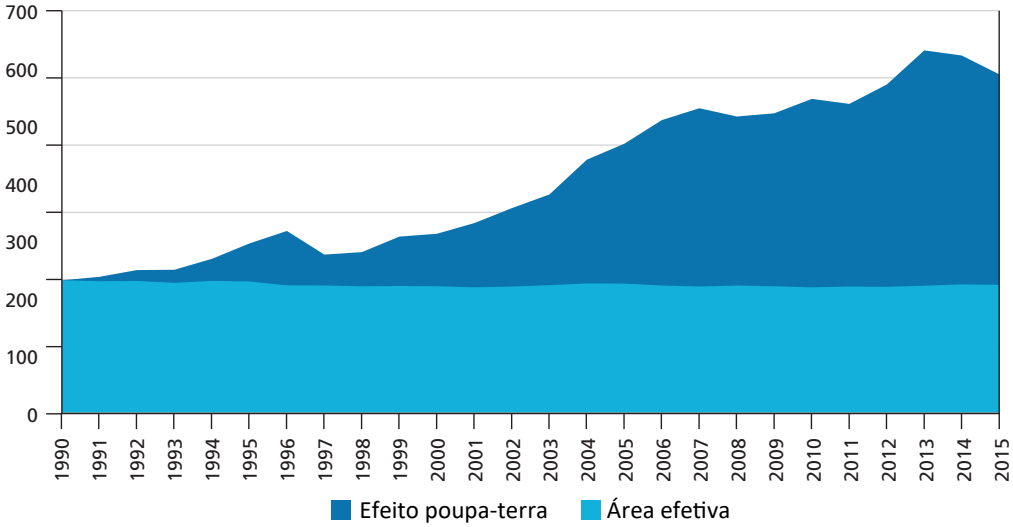
3A – Efeito poupa-terra na agricultura



3B – Efeito poupa-terra na pecuária



3C – Efeito poupa-terra total (agricultura + pecuária)



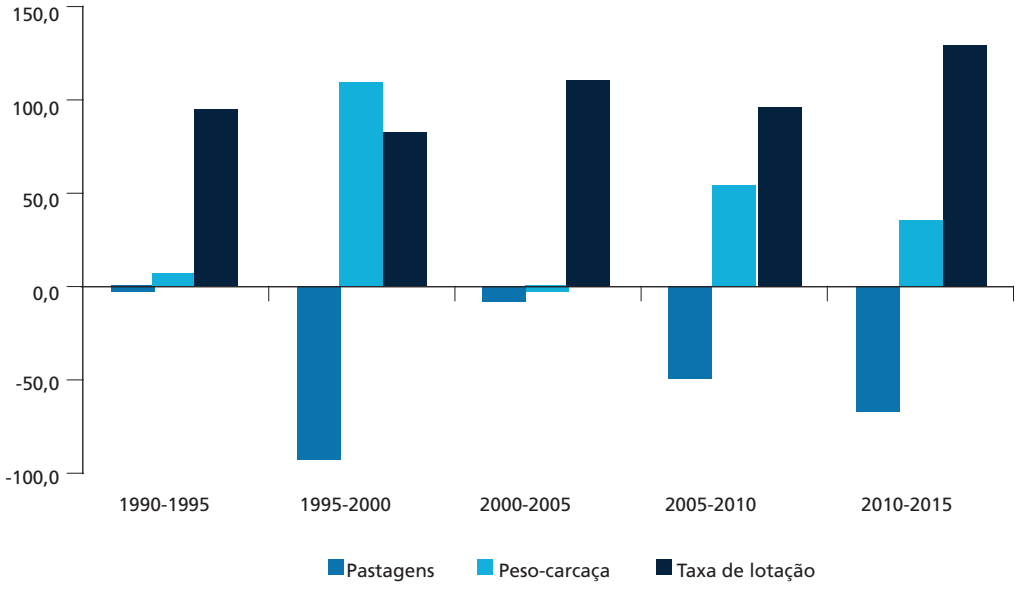
Elaboração do autor.

Ao focar na pecuária bovina, o efeito poupa-terra é bastante superior ao da agricultura em quase todos os períodos mensurados, com exceção apenas de 2005 a 2010, quando a poupança gerada na produção agrícola foi superior à observada na pecuária. No que tange ao período integral, a economia de terra somente na pecuária ficou em torno de 324,7 milhões de hectares, praticamente uma área 5,5 vezes o tamanho do estado de Minas Gerais. O efeito poupa-terra total, de 1990 a 2015, ficou em torno de 366,0 milhões de hectares, ou algo em torno de 43% do território nacional. Vale a pena notar que, mesmo no período mais recente, a pecuária foi capaz de economizar terra em um montante de 18,6 milhões de hectares. Ou seja, mesmo nos últimos anos, o efeito poupa-terra advindo das novas tecnologias foi capaz de obter um retorno favorável. Nesse sentido, é de se esperar que esse resultado tenha impacto positivo em termos de redução das emissões de GEE, ou então aumento de produção por unidade de emissão, que será detalhado na próxima seção. Portanto, como se espera, os avanços tecnológicos contribuem para a mitigação ou mesmo a redução da emissão de GEE, destacando que o potencial para promover um balanço positivo de carbono e, consequentemente, de contribuição para mitigação/redução é maior na pecuária do que na agricultura (Almeida *et al.*, 2013).

O gráfico 4 mostra a decomposição da taxa de crescimento da produção pecuária em diferentes períodos e em relação ao desempenho animal (peso-carcaça), à taxa de

lotação e à área de pastagens. Com a redução da área de pastagens ao longo do tempo, observou-se uma contribuição negativa do fator terra. No entanto, há uma participação positiva da taxa de lotação, que reflete a intensificação produtiva com aumento do número de animais abatidos por área de pastagem, ou com o aumento na taxa de desfrute.[7] Com exceção do período de 2000 a 2005, o desempenho animal foi positivo. De 2005 a 2015, os fatores responsáveis pelo crescimento da produção foram o aumento da taxa de lotação juntamente com o melhor desempenho produtivo animal.

GRÁFICO 4
Decomposição da taxa de crescimento da produção pecuária, por pastagens, peso-carcaça e taxa de lotação em diferentes períodos
(Em %)



Elaboração do autor.

3.3 Produção agropecuária por unidade de emissão de GEE

Na XV Conferência das Partes (COP15), realizada em Copenhagen, na Dinamarca, em 2009, buscou-se discutir formas de reagir às mudanças climáticas e, consequentemente, ao aquecimento global. O Brasil foi o primeiro país a submeter um nível de referência de

7. Refere-se ao número de animais abatidos dividido pelo total do rebanho. Quanto maior a taxa de desfrute, maior a produção interna do rebanho, que expressa o montante produzido (em arrobas ou cabeças) em um determinado período em relação ao rebanho inicial.

emissões à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC). A política brasileira sobre mudança do clima foi instituída pela Lei nº 12.187 do mesmo ano. Definiu-se com essa política o compromisso nacional voluntário de ações de mitigação e de redução das emissões de GEE entre 36,1% e 38,9% em relação às emissões projetadas até 2020, estimando o volume de redução em bilhão de toneladas de CO_2 equivalente (Gt CO_2 eq.).[8] Nesse intuito, foram sinalizados os seguintes compromissos:

- reduzir em 80% a taxa de desmatamento na Amazônia e em 40% no Cerrado;
- adotar práticas de recuperação de pastagens degradadas, promover sistemas de integração produtiva (lavoura-pecuária-floresta), ampliar o uso do plantio direto e intensificar a fixação biológica de nitrogênio; e
- ampliar a eficiência energética, o uso de biocombustíveis, a oferta de energia hidrelétrica (inclusive por geração de pequenas centrais), a produção de energia de biomassa, a geração de energia eólica, bem como o estímulo ao uso de carvão de florestas plantadas na siderurgia.

Parte desses compromissos já estava em curso; entretanto, era preciso institucionalizar e estimular os procedimentos e estudos sobre essas questões. Quanto à redução da taxa de desmatamento, relativa à média do período de 1996 a 2005, segundo Soterroni *et al*. (2016), houve uma queda de 27,7 milhões de hectares, em 2004, para 5,1 milhões de hectares, em 2012, ou seja, uma diminuição de 82%, antes mesmo do término do período acordado. Além disso, havia forte interesse do setor público na disseminação de práticas e gestão sustentáveis na produção agropecuária, via integração produtiva e por meio de novos conhecimentos que aumentassem a eficiência do uso dos recursos naturais. Na geração de energia, existiam projetos de vulto já em andamento e outros a serem implementados, tais como os empreendimentos das usinas hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau em Rondônia, assim como a construção da usina de Belo Monte no estado do Pará.

Em 2010, tem-se o Decreto nº 7.390, que regulamentou a política nacional sobre mudança do clima, com a projeção de emissões de GEE para 2020 da ordem de 3,236

8. CO_2 equivalente é uma medida que permite comparar os diferentes GEEs por meio de uma mesma métrica, considerando o potencial de aquecimento global dos diferentes tipos de gases em relação ao potencial equivalente do gás CO_2 (IPCC, 2006). Os gases causadores do efeito estufa são divididos em quatro grupos: *i*) o dióxido de carbono (CO_2); *ii*) o metano (CH_4); *iii*) o óxido nitroso (N_2O); e *iv*) os gases fluorados (ou gases-f). Estes últimos são uma família de gases artificiais utilizados em uma variedade de aplicações industriais. Como não prejudicam a camada de ozônio, são utilizados como substitutos de substâncias que destroem o ozônio na atmosfera. Contudo, os gases-f provocam forte efeito estufa, com um potencial de aquecimento global até 23,9 mil vezes ao proporcionado pelo CO_2 (anexo A).

Gt CO_2 eq. Assim, a redução comprometida pelo Brasil para o período em voga encontrou-se no intervalo de 1,168 Gt CO_2 eq. a 1,259 Gt CO_2 eq. No intuito de monitorar o cumprimento do compromisso nacional voluntário, ficou acertado que seriam publicadas estimativas anuais de emissões de GEE pelo MCTIC. Foram realizados desde então três inventários nacionais, sendo que o mais recente compreende o período de 1990 a 2010. Portanto, todas as estimativas de emissões calculadas após 2010 estariam referenciadas em parâmetros do período do terceiro inventário.

Para o setor agropecuário, entre 2010 e 2011, foi elaborado o Plano da Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC), que buscava o detalhamento das ações de mitigação e adaptação da produção setorial às mudanças do clima, apontando de que maneira seriam cumpridas as metas de redução da emissão de GEE assumidas. Conforme a tabela 4, tem-se a especificação dos compromissos para o setor agropecuário no período de 2010 a 2020, tais como a recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas por meio do manejo adequado e adubação, a adoção de sistemas de integração e agroflorestais em 4 milhões de hectares, a ampliação do uso de plantio direto em 8 milhões de hectares, a expansão da fixação biológica de nitrogênio em 5,5 milhões de hectares, a promoção do plantio de florestas nos setores de fibras, madeiras e celulose em 3 milhões de hectares, bem como a intensificação do uso de tecnologias para o tratamento de dejetos animais para geração de energia e produção de composto orgânico em torno de 4,4 milhões de metros cúbicos.

TABELA 4
Metas e compromisso do Plano ABC (2010-2020)

Subprogramas – processos tecnológicos	Área corrente (milhões de hectares)	Compromisso agropecuário 2010-2020	
		Área (milhões de hectares)	Potencial de mitigação (milhões de toneladas de CO_2 eq.)
Recuperação de pastagens degradas	40	15	83-104
Integração do sistema lavoura-pecuária--floresta	2	4	18-22
Plantio direto	25	8	16-20
Fixação biológica de nitrogênio	11	5,5	10
Plantação de florestas	6	3	-
Tratamento de resíduos animais	-	Gerenciamento de 4,4 milhões de metros cúbicos	6,9
Total	**94**	**-**	**133,9-162,9**

Fonte: Brasil (2012).

Em 2015, realizou-se a XXI Conferência das Partes (COP21), que aconteceu na França. Nesse encontro, foi aprovado pelos 195 países-partes da CQNUMC o Acordo de Paris, que tinha como objetivo traçar ações para a redução das emissões de GEE, no âmbito do desenvolvimento sustentável. Procurou-se como meta atingir um limiar próximo de 1,5 °C de temperatura acima dos níveis pré-industriais, mas que não ultrapassasse 2 °C. Os países desenvolvidos signatários assumiriam a liderança por meio da realização de metas de redução de emissão absoluta na economia de modo abrangente, enquanto os países menos desenvolvidos, refletindo suas circunstâncias especiais, prepararíam estratégias, planos e ações para o desenvolvimento de baixas emissões de GEE.

O Brasil novamente assumiu papel central e desenhou metas mais ambiciosas que as vigentes na política nacional, inclusive redefinindo compromissos no Plano ABC. O compromisso de corte das emissões de GEE, a partir de 2020, ficou em 37% até 2025 e em 43% até 2030, valores estabelecidos com o parâmetro de emissões observadas em 2005. De acordo com Gurgel e Laurenzana (2016), ao contrário das metas assumidas na COP15, os objetivos da COP21 foram relativos a um ano específico, sendo, portanto, mais pragmáticos e menos dependentes de projeção hipotética de uma linha de base das emissões.

Com a definição das metas gerais de redução de emissões, o Brasil acordou especificamente com o compromisso de: *i*) acabar com o desmatamento ilegal; *ii*) restaurar 12 milhões de hectares de floresta; *iii*) manter o compromisso de recuperar 15 milhões de hectares de pastagens degradadas; *iv*) realizar integração de lavoura-pecuária-floresta em 5 milhões de hectares; *v*) garantir 45% de fontes renováveis no total da matriz energética, sendo 66% de fonte hidrelétrica e 23% de fontes eólica, solar e de biomassa; *vi*) aumentar em 10% a eficiência energética; e *vii*) elevar em 16% a participação da produção de etanol no total da matriz energética. Então, todo o esforço acordado de redução das emissões de GEE significou que o setor agropecuário seria central na direção de uma economia de baixo carbono.

Com os compromissos redefinidos na COP21, atribuiu-se ao setor agropecuário importância relevante nas contribuições de redução das emissões de GEE, justamente por entender que a atividade produtiva agropecuária faz parte da solução, mas não do problema. Como analisado anteriormente, a resposta aos compromissos se dará no aumento da produtividade, na modernização da produção agrícola e pecuária, bem

como na agregação de valor pela geração de serviços ambientais. Dessa forma, embora os dados de emissões apontem para um peso significativo do setor agropecuário, há um grande potencial de contribuição e de solução dos problemas.

Nesse sentido, foi observado um aumento significativo no uso da integração produtiva. De acordo com levantamento realizado na safra 2015-2016 (Rede de Fomento ILPF, 2017), o Brasil já contava com uma área estimada de 11,5 milhões de hectares com sistemas de integração, sendo 83% com integração lavoura-pecuária (ILP), 9% com integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), 7% com integração pecuária-floresta (IPF) e 1% com integração lavoura-floresta (ILF). Com esses percentuais, pode-se constatar que o compromisso assumido pelo Brasil na COP15 e na COP21, com relação a esta tecnologia, já estaria cumprido.

Guimarães Júnior *et al.* (2016) demonstraram o potencial de sistemas de integração para a intensificação da produção pecuária com mitigação das emissões de GEE em comparação a um sistema pecuário tradicional. Nesse estudo, o sistema tradicional, com uma taxa de lotação de 1,0 cabeça/ha ao ano, apresentou um balanço negativo de carbono (-0,4 t CO_2 eq./ha ao ano), enquanto os sistemas de ILP e de ILPF apresentaram taxas de lotação de 3,0 e 1,7 cabeça/ha ao ano com balanço positivo de carbono de 1,3 e 23,0 t CO_2 eq./ha ao ano, respectivamente.

Fica evidente a importância de sistemas de ILPF, que contemplam o componente florestal em consórcio, com maior potencial de sequestro de carbono, possibilitando um maior saldo positivo de carbono, além de possibilidades de fornecimento de serviços ambientais. Neste contexto, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desenvolveu o conceito da "carne carbono neutro" (Alves *et al.*, 2015), com diretrizes para produção de carne com neutralização dos GEEs emitidos durante o processo produtivo, por meio do sequestro de carbono realizado pelas árvores na pastagem.

Segundo o registro nacional de emissões de GEE (Brasil, 2016), pela tabela 5, verificam-se as estimativas de emissões setoriais de 1990 a 2014. Nota-se que a participação do setor agropecuário foi crescente ao longo do período, sendo de 21,4%, em 1990, e de 33%, em 2014. As emissões foram divididas em cinco setores, como o de energia (basicamente pela queima de combustíveis), os processos industriais, a agropecuária (fundamentalmente pela fermentação entérica), a mudança no uso da terra (relativo ao desmatamento) e o tratamento de resíduos. De acordo com os dados, após 2004, houve uma redução drástica das taxas de desmatamento, fazendo com que o item de mudança no uso da terra tivesse uma queda de 59% da participação, em 1990, para 18,2%, em 2014. Com essa mudança, aumentaram-se os pesos relativos dos demais setores. Particularmente em relação ao setor agropecuário, ao se analisar o ano de 2014, a fermentação entérica foi responsável por uma participação de 18,7% do total das emissões naquele ano, ou mais de 56% das emissões do segmento.[9]

No que se refere às emissões de metano, 89% associou-se à criação de bovinos (gado de corte e de leite), enquanto o percentual restante se deu a outros rebanhos (tais como suínos, de aves, caprinos etc.). Os solos agrícolas foram responsáveis por uma parcela relevante de 11,9% (ou 36% das emissões agropecuárias), que se relacionou aos processos de fertilização nitrogenada das áreas cultivadas. Com participações menores dentro do setor, ainda destacaram-se o manejo de dejetos animais, o cultivo de arroz e a queima de cana e algodão na colheita.

Conforme o gráfico 5, tem-se a comparação das emissões de GEE relativas do setor agropecuário e, em particular, da fermentação entérica de bovinos com a produtividade pecuária no mesmo período, de 1990 a 2014. Pode-se observar que a taxa de crescimento da produtividade é mais acelerada do que o aumento das emissões de GEE relacionados ao setor agropecuário, movimento que ainda persiste após 2010, no qual as projeções de emissão foram baseadas.

9. Embora o confinamento bovino aumente a fermentação entérica, a melhora genética e a redução do tempo de abate reduzem a quantidade líquida de emissões de gás metano por cabeça. Ao mesmo tempo, o manejo adequado das pastagens e a melhora nutricional do pasto e das rações auxiliam no aumento do peso-carcaça do animal, que amplia, por sua vez, os ganhos de produtividade.

TABELA 5

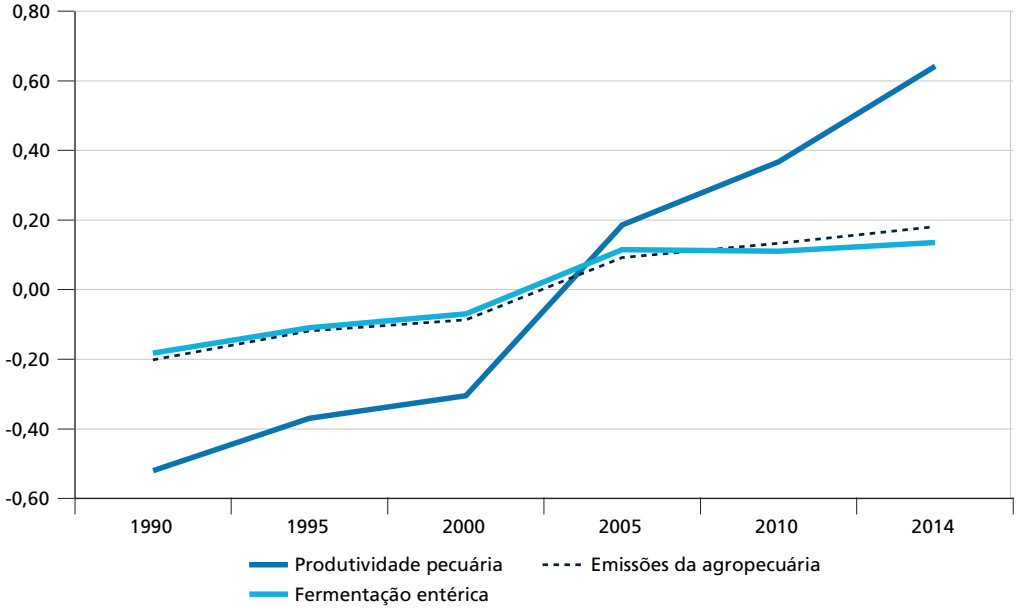
Estimativa de emissões de gases de efeito estufa, por setor (1990-2014)

(Em Gt CO_2 eq. x 10^3)

Setores de emissões	1990	%	1995	%	2000	%	2005	%	2010	%	2014	%	Variação percentual (1990-2010)	Variação percentual (1990-2014)	Variação percentual (2010-2014)
Energia	185,8	13,8	223,7	8,7	284,3	14,3	312,7	11,4	371,1	29,2	469,8	36,6	99,7	152,9	26,6
Processos industriais	52,1	3,9	65,6	2,6	75,6	3,8	80,5	2,9	89,9	7,1	94,3	7,3	72,8	81,1	4,8
Agropecuária	287,0	21,4	316,7	12,3	328,4	16,5	392,5	14,3	407,1	32,0	424,5	33,0	41,8	47,9	4,3
Fermentação entérica	172,7	12,9	188,1	7,3	196,3	9,9	235,5	8,6	234,3	18,4	239,8	18,7	35,7	38,8	2,3
Manejo de dejetos animais	12,0	0,9	13,5	0,5	13,6	0,7	15,4	0,6	17,4	1,4	17,8	1,4	45,2	48,7	2,4
Solos agrícolas	90,1	6,7	100,9	3,9	105,9	5,3	127,9	4,7	140,3	11,0	153,0	11,9	55,6	69,8	9,1
Cultura do arroz	9,1	0,7	10,7	0,4	9,4	0,5	9,7	0,4	9,7	0,8	9,7	0,8	7,1	6,7	-0,4
Queima de cana e algodão	3,1	0,2	3,4	0,1	3,0	0,2	4,0	0,1	5,4	0,4	4,2	0,3	74,1	36,4	-21,6
Mudança no uso da terra	792,0	59,0	1.931,5	75,2	1.265,6	63,5	1.904,7	69,6	349,2	27,5	233,1	18,2	-55,9	-70,6	-33,2
Tratamento de resíduos	26,0	1,9	31,4	1,2	38,7	1,9	45,5	1,7	54,1	4,3	62,8	4,9	108,1	141,4	16,0
Total (emissões líquidas)	**1.342,9**	**100,0**	**2.568,9**	**100,0**	**1.992,5**	**100,0**	**2.735,9**	**100,0**	**1.271,4**	**100,0**	**1.284,5**	**100,0**	**-5,3**	**-4,3**	**1,0**

Fonte: Sirene – MCTIC (terceiro inventário).

GRÁFICO 5
Produtividade *versus* emissões (1990-2014)
(Em valores normalizados)[1]



Elaboração do autor.
Nota: [1] Valor normalizado = [(observação - média)/média].

Outro exercício para avaliar o papel das transformações tecnológicas na evolução das estimativas de emissões de GEE é realizar um comparativo que busque uma medida do aumento de produção por unidade de emissão de gases. Nesse caso, as tabelas 6 e 7 buscam dimensionar esses valores nas produções agrícola e pecuária. Nas duas análises, observa-se o crescimento da produção por unidade de emissão de GEE. No que tange à produção agrícola, as variações percentuais nos três períodos em questão foram positivas, inclusive para o período de 2010 a 2014, o qual se baseia em parâmetros tecnológicos passados. Para uma noção, de 1990 a 2014, a variação percentual da produção por unidade de emissão no setor agropecuário ficou em torno de 46,4%. Quando se analisa o total de emissões de GEE, esse ganho produtivo é ainda maior.

Ao estudar a produção pecuária, os aumentos produtivos foram bastante expressivos. Por exemplo, em 1990, eram produzidas 10 t/unidade de emissão, enquanto, em 2014, esse valor alcançou uma cifra de 19 t, praticamente o dobro produzido. Quando se compara o mesmo período em termos da fermentação entérica, o aumento sai de 16 t para 34 t/unidade de emissão, ou uma variação percentual no período integral de

104,8%. Em termos da queima de cana e de algodão, com maior restrição nos processos e com uma legislação mais rigorosa que proibiu este tipo de prática nos cultivos, os poluentes declinaram, elevando a produção por unidade de emissão ao longo do tempo. Vale observar que este indicador pode aumentar de duas formas, seja pela redução das emissões no respectivo setor, seja pelo aumento da produção física na atividade agropecuária. Normalmente, com exceção de alguns setores de emissões, o comum é que esse aumento seja causado pelos ganhos de produtividade ao longo do tempo.

TABELA 6
Produções agrícola e pecuária por unidade de emissão de GEE, por setor (1990-2014)
(Em t/Gg CO_2 eq.)

Produções	Setores de emissões	1990	1995	2000	2005	2010	2014	Variação percentual 1990-2010	Variação percentual 1990-2014	Variação percentual 2010-2014
Agrícola	Agropecuária	1.629	1.732	1.799	1.566	2.334	2.385	43,3	46,4	2,2
	Fermentação entérica	2.706	2.917	3.009	2.611	4.055	4.222	49,8	56	4,1
	Manejo de dejetos animais	39.070	40.740	43.321	39.929	54.700	56.919	40	45,7	4,1
	Solos agrícolas	5.185	5.436	5.576	4.806	6.775	6.616	30,7	27,6	-2,4
	Cultura do arroz	51.333	51.148	62.776	63.136	97.492	104.244	89,9	103,1	6,9
	Queima de cana e algodão	151.210	159.109	193.744	155.319	176.626	240.112	16,8	58,8	35,9
	Total (emissões líquidas)	**348**	**214**	**296**	**225**	**747**	**788**	**114,7**	**126,4**	**5,4**
Pecuária	Agropecuária	10	12	12	16	17	19	73,4	92,2	10,8
	Fermentação entérica	16	20	20	27	30	34	81,3	104,8	13
	Manejo de dejetos animais	237	275	286	412	402	453	69,4	91,2	12,9
	Solos agrícolas	31	37	37	50	50	53	58,1	67,5	5,9
	Cultura do arroz	311	346	414	652	716	830	129,8	166,6	16
	Queima de cana e algodão	917	1.075	1.279	1.603	1.297	1.912	41,3	108,5	47,5
	Total (emissões líquidas)	**2**	**1**	**2**	**2**	**5**	**6**	**159,9**	**197,3**	**14,4**

Elaboração do autor.

De fato, como estudado anteriormente, o aumento da produtividade se deu de forma bastante acentuada pelo efeito poupa-terra relacionado aos avanços tecnológicos no setor agropecuário. É mais intuitivo mensurar as emissões com parâmetros rígidos dos coeficientes técnicos; entretanto, é necessário incorporar os avanços tecnológicos nos cálculos das emissões, por exemplo, verificando se a produção por unidade de emissões está se elevando.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 Produtividade na pecuária e no meio ambiente

Este estudo procurou fazer uma breve discussão da expansão da fronteira agropecuária no Brasil, entre 1990 e 2015, buscando comparar esta expansão com os dados de emissões de GEE. Particular atenção foi direcionada ao avanço da produção pecuária, por entender que esse é um dos setores que mais contribuem para a emissão de GEE na atmosfera. O objetivo foi o de apresentar um panorama da situação da produtividade pecuária ao longo do tempo, identificando o efeito poupa-terra, que é subestimado nas análises tradicionais de economia agrícola.

Ademais, buscou-se comparar os ganhos poupa-terra com os dados de emissões de GEE no Brasil, que são calculados por médias de indicadores de produtividade. As estimativas de emissões buscaram mensurar a participação por setor de atividade econômica e, no caso do setor agropecuário, por grupos de produção agrícola e pecuária. A principal hipótese avaliada mostrou que as emissões de GEE foram estimadas de 1990 a 2010 por meio de vários indicadores econômicos. De 2010 em diante, as estimativas são feitas por extrapolação, considerando o efeito da tecnologia como constante. Acredita-se que as emissões são superestimadas diante do avanço tecnológico que ocorreu na produção pecuária brasileira, principalmente com relação à ampliação de áreas com uso de sistemas de integração que se deu mais fortemente a partir da instituição do Plano ABC em 2010.

No período de 1990 a 2015, o efeito poupa-terra da produção pecuária ficou em torno de 324,7 milhões de hectares, valor bastante superior quando comparado ao desempenho da produção agrícola. Mesmo analisando um período mais curto, tal como o período que vai de 2010 a 2015, o setor pecuário contribuiu com uma economia do fator terra da ordem de 18,6 milhões de hectares, quantitativo de área bastante expressivo. Ao buscar mensurar a produção por unidade de emissões, ficou claro que o crescimento da produtividade teve uma taxa de aceleração mais rápida do que o crescimento das emissões, notadamente ao se focar no setor de emissões da atividade agropecuária. Deve-se ressaltar que este é um trabalho preliminar, mas que tem por finalidade mostrar que o setor agropecuário, via incorporação de tecnologia, tem mais a contribuir com a redução e mitigação da emissão de GEE do que o contrário.

4.2 Proposição metodológica: produtividade total dos fatores com emissões de GEE – um indicador que possa subsidiar na elaboração de políticas públicas de financiamento de desenvolvimento sustentável

A produção pecuária (*P*) por emissões de GEE (*E*) pode ser expressa tal como na equação (2) apresentada na metodologia, pelo produto do desempenho animal (*G*), da taxa de lotação (*S*) e da área de pastagens (*L*):

$$P/E = G.S.L. \tag{4}$$

Portanto, a taxa de crescimento da produção (*Gp*) exceto a taxa de crescimento das emissões (G_E) é determinada pelo somatório das taxas de crescimento do desempenho animal (G_G), da taxa de lotação[10] (G_S) e da área de pastagens (G_L):

$$Gp - G_E = G_G + G_S + G_L. \tag{5}$$

A produção pecuária por unidade de emissões também pode ser dada como função do uso de fatores produtivos, tais como área de pastagens (*L*), mão de obra (*W*), tratores (*T*) , animais para engorda (*An*), rações (*F*) e medicamentos (*M*):

$$P/E = f(L, W, T, An, F, M). \tag{6}$$

A taxa de crescimento da produção exceto a taxa de crescimento das emissões pode ser definida pela soma ponderada dos custos (Sh_i ; $i = L, W, T, An, F, M$) de cada um dos fatores produtivos multiplicados pelas suas respectivas taxas de crescimento, somando-se ao valor um termo residual referente ao crescimento da produtividade total dos fatores (G_{TFP}):

$$G_P - G_E = \left(\sum_{i=L}^{M} Sh_i G_i\right) + G_{TFP},$$

em que $(\sum_{i=L}^{M} Sh_i G_i) = G_I$, que é a taxa de crescimento relativa aos fatores produtivos.

10. Essa não pode ser a taxa de animais abatidos e, sim, a taxa de lotação real (número total de animais por área total).

Assim, a produtividade total dos fatores pode ser mensurada pela taxa de crescimento da produção menos a soma das taxas de crescimento dos insumos e das emissões. Então, tem-se que:

$$G_{TFP} = G_p - (G_I + G_E) \quad (7)$$

Caso não haja mudança tecnológica nem melhoria da eficiência dos fatores produtivos, a produtividade total dos fatores pode ser dada pelo componente residual. A taxa de crescimento da produção pode assegurar a média do uso eficiente dos fatores. Para implementação dessa metodologia, existem dois complicadores. O primeiro é o de sistematizar uma base de dados que possa servir para os cálculos. Esta não é uma tarefa simples, mesmo se o objetivo for o de buscar *proxies*. O segundo é o de definir um período base de emissões de modo que o ano referência sirva como ano de precificação do carbono. A partir desse ano, escolhido de forma *ad hoc*, será imputado o crescimento (ou decréscimo) da taxa de emissões no cálculo da produtividade total dos fatores. É provável que, entre o período corrente e o ano de precificação do carbono, ocorra mudança técnica da combinação dos fatores produtivos, o que seria subestimado nessa avaliação.

A tecnologia e o conhecimento são a resposta para o aumento da produção de alimentos que atenda ao crescimento da demanda e da população mundial e para a sustentabilidade ambiental, necessária inclusive para manter o progresso contínuo da atividade agropecuária no tempo. Este estudo, de um modo mais amplo, e esta proposição metodológica, de uma maneira mais específica, pretenderam dar uma importante contribuição ao debate de mudanças climáticas. O Brasil é um dos poucos países com potencial razoável de preservar sua biodiversidade e meio ambiente pelo uso dos recursos naturais de forma sustentável, beneficiando simultaneamente a equação da sustentabilidade, da economia e das transformações sociais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. G. *et al*. Uso da integração lavoura-pecuária no balanço positivo de carbono. *In*: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL A PASTO, 2., 2013, Londrina, Paraná. **Anais**... Maringá: Sthampa, 2013. p. 37-58.

ALMEIDA, R. G.; MEDEIROS, S. R. Emissões de gases de efeito estufa em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. *In*: ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. **Sistemas agroflorestais**: a agropecuária sustentável. Brasília: Embrapa, 2015. p. 97-116.

ALVES, E.; SOUZA, G. S.; ROCHA, D. P. Lucratividade na agricultura. **Revista de Política Agrícola**, v. 21, n. 2, p. 45-63, 2012.

ALVES, F. V. *et al*. **Carne carbono neutro**: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos. Brasília: Embrapa, 2015. 29 p. (Embrapa Documentos, n. 210).

BARRETO, P.; ARAÚJO, E. **O Brasil atingirá a sua meta de redução do desmatamento?** Belém: Imazon, 2012. 51 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **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 (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília: Mapa; ACS, 2012. 173 p.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília: MCTIC, 2016. 83 p.

BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Dinâmica da economia e da agropecuária no Matopiba**. Brasília: Ipea, 2017. (Texto para Discussão, n. 2283).

BUSCH, J.; FERRETTI-GALLON, K. What drives deforestation and what stops it? A meta--analysis. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 11, n. 1, p. 3-23, 2017.

CORREA, P.; SCHMIDT, C. Public research organizations and agricultural development in Brazil: how did Embrapa get it right? **World Bank-Economic Premise**, v. 145, p. 1-10, 2014.

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

GARCIA, J. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **A questão ambiental e a expansão da fronteira agrícola na direção do Matopiba brasileiro**. Brasília: Ipea, 2017. (Texto para Discussão, n. 2281).

GASQUES, J. G. *et al*. Total fator productivity in Brazilian agriculture. *In*: FUGLIE, K. O.; WANG, S. L.; BALL, V. E. (Eds.). **Productivity growth in agriculture**: an international perspective. Oxfordshire: CAB International, 2012. p. 145-162.

GASQUES, J. G. *et al.* Produtividade da agricultura brasileira: a hipótese da desaceleração. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Orgs.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: Ipea, 2016. p. 143-164.

GUIMARÃES JÚNIOR, R. *et al*. Neutralization of enteric methane emissions by carbon sequestration under integrated crop-livestock and crop-livestock-forest systems in Cerrado region. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2., 2016, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Anais**... Brasília: Embrapa, 2016. p. 282-285.

GURGEL, A. C.; LAURENZANA, R. D. Desafios e oportunidades da agricultura de baixo carbono. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Orgs.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: Ipea, 2016. p. 343-366.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de desenvolvimento sustentável, Brasil, 2012**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IPCC – INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for national greenhouse gas inventories**. Hayama: IGES, 2006.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Sustentabilidade ambiental no Brasil**: biodiversidade, economia e bem-estar humano. Brasília: Ipea, 2010. 640 p.

KICHEL, A. N. *et al*. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e o progresso do setor agropecuário brasileiro. *In*: BUNGENSTAB, D. J. (Org.). **Sistemas de integração a produção sustentável**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 1-10.

LAPOLA, D. M. *et al*. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature climate change**, v. 4, n. 1, 2014. 27 p.

MALAFAIA, G. C. *et al*. Rentabilidade da produção de carne bovina no Brasil e desafios para o seu crescimento. *In*: CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos no Brasil**: o desafio da rentabilidade na produção. Brasília: CGEE, 2014. v. 2, p. 147-176.

MARANHÃO, R. L. A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Análise do comportamento das exportações agropecuárias brasileiras no mercado mundial de 1992 a 2013. *In*: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 54., Maceió, Alagoas, 2016. 20 p. Disponível em: <https://goo.gl/QLPs4v>.

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

OCDE – ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO; FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. **Perspectivas agrícolas 2013-2022**. Texcoco: Universidad Autónoma Chapingo, 2013. 338 p.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, v. 13, p. 343-373, Jan. 1984.

REDE DE FOMENTO ILPF. **ILPF em números**. Brasília: Rede de Fomento ILPF, 2017. 12 p.

SERIGATI, F. *et al*. **O mercado de trabalho na fronteira do agronegócio**: quanto a dinâmica no Matopiba difere das regiões mais tradicionais? Brasília: Ipea, 2017. (Texto para Discussão, n. 2277).

SOTERRONI, A. C. *et al*. Modelagem de mudanças de uso da terra no Brasil. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. C. (Orgs.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: Ipea, 2016. p. 301-342.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Fronteira agropecuária brasileira: redistribuição produtiva, efeito poupa-terra e desafios estruturais logísticos. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Orgs.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: Ipea, 2016. p. 89-108.

_____. **Expansão pecuária no Brasil e proposição metodológica de cálculo da produtividade em termos de sustentabilidade ambiental**. Rio de Janeiro: ABDE Editorial, 2017. p. 227-258. (Prêmio ABDE-BID de Artigos, categoria II – Finanças Verdes).

VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. **Agricultura e indústria no Brasil**: inovação e competitividade. Brasília: Ipea, 2017. 305 p.

ANEXO A

TABELA A.1
GEE e valor correspondente do potencial de aquecimento global
(Em CO_2 eq.)

Gás	Símbolo	Potencial de aquecimento global
Dióxido de carbono	CO_2	1
Metano	CH_4	21
Óxido nitroso	N_2O	310
	HFC-23	11.700
	HFC-125	2.800
Hidrofluorcarbonos	HFC-134a	1.300
	HFC-143a	3.800
	HFC-152a	140
Perfluorcarbonos	CF_4	6.500
	C_2F_6	9.200
Hexafluoreto de enxofre	SF_6	23.900

Fonte: Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. *Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil*. Brasília: MCTIC, 2016. 83 p.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Assessoria de Imprensa e Comunicação

EDITORIAL

Coordenação
Cláudio Passos de Oliveira

Supervisão
Everson da Silva Moura
Leonardo Moreira Vallejo

Revisão
Ana Clara Escórcio Xavier
Camilla de Miranda Mariath Gomes
Clícia Silveira Rodrigues
Idalina Barbara de Castro
Olavo Mesquita de Carvalho
Regina Marta de Aguiar
Reginaldo da Silva Domingos
Hislla Suellen Moreira Ramalho (estagiária)
Lilian de Lima Gonçalves (estagiária)
Lynda Luanne Almeida Duarte (estagiária)
Luiz Gustavo Campos de Araújo Souza (estagiário)

Editoração
Aeromilson Trajano de Mesquita
Bernar José Vieira
Cristiano Ferreira de Araújo
Danilo Leite de Macedo Tavares
Herllyson da Silva Souza
Jeovah Herculano Szervinsk Junior
Leonardo Hideki Higa

Capa
Danielle de Oliveira Ayres
Flaviane Dias de Sant'ana

Projeto Gráfico
Renato Rodrigues Bueno

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

Livraria Ipea
SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES, Térreo
70076-900 – Brasília – DF
Tel.: (61) 2026-5336
Correio eletrônico: livraria@ipea.gov.br

Composto em adobe garamond pro 12/16 (texto)
Frutiger 67 bold condensed (títulos, gráficos e tabelas)
Impresso em offset 90g/m² (miolo)
Cartão supremo 250g/m² (capa)
Brasília-DF

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, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO

BRASIL
GOVERNO FEDERAL

ISSN 1415-4765