

Felipe Pinto da Silva; Vieira Filho, José Eustáquio Ribeiro

Working Paper

Avaliação de Impacto do Programa de Agricultura de Baixo Carbono no Brasil

Texto para Discussão, No. 2568

Provided in Cooperation with:

Institute of Applied Economic Research (ipea), Brasília

Suggested Citation: Felipe Pinto da Silva; Vieira Filho, José Eustáquio Ribeiro (2020) : Avaliação de Impacto do Programa de Agricultura de Baixo Carbono no Brasil, Texto para Discussão, No. 2568, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/240763>

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.

2568

**AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO
PROGRAMA DE AGRICULTURA DE
BAIXO CARBONO NO BRASIL**

**Felipe Pinto da Silva
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho**

TEXTO PARA DISCUSSÃO



AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO PROGRAMA DE AGRICULTURA DE BAIXO CARBONO NO BRASIL

Felipe Pinto da Silva¹

José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho²

1. Pesquisador do Núcleo de Estudos de Economia Agrícola, na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (Dirur) do Ipea. *E-mail*: <dasilva.felipe@outlook.com>.

2. Técnico de planejamento e pesquisa na Dirur do Ipea; diretor de programa da Secretaria Executiva do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa); professor do Programa de Pós-Graduação em Agronegócio da Universidade de Brasília (Propaga/UnB); e professor do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). *E-mail*: <jose.vieira@ipea.gov.br>.

Governo Federal

Ministério da Economia

Ministro Paulo Guedes

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério da Economia, 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

Carlos von Doellinger

Diretor de Desenvolvimento Institucional

Manoel Rodrigues Junior

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

Flávia de Holanda Schmidt

Diretor de Estudos e Políticas

Macroeconômicas

José Ronaldo de Castro Souza Júnior

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais

Nilo Luiz Saccaro Júnior

Diretor de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura

André Tortato Rauen

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

Mylena Fiori

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

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

Texto para Discussão

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

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2019

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 publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos).
Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

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 da Economia.

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

JEL: Q10; Q14; Q20.

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	7
2 O PROGRAMA ABC.....	9
3 INTENSIFICAÇÃO TECNOLÓGICA E REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEES	13
4 METODOLOGIA.....	15
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	19
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
REFERÊNCIAS	30

SINOPSE

A partir da década de 1990, a agropecuária brasileira assumiu protagonismo no desenvolvimento sustentável. Tem-se, nesse contexto, a realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (Rio-92), a liberação das imagens de satélites que proporcionou a redução das taxas de desmatamento na Amazônia, assim como a implantação do Código Florestal e a criação do Programa de Agricultura de Baixo Carbono (ABC). O programa tem por objetivo difundir práticas produtivas sustentáveis por meio de linhas específicas de crédito financeiro. Este estudo busca avaliar o impacto (ou o efeito causal) do Programa ABC sobre a produção por emissões de gases de efeito estufa (GEEs). Para tanto, construiu-se um modelo de controle sintético, de modo a comparar o Brasil (grupo de tratado) com o resto do mundo (grupo de controle), para o período de 2000 a 2015. Os resultados mostraram que o impacto do programa é nulo na variável de interesse no período pós-intervenção.

Palavras-chave: agricultura; sustentabilidade; emissões; economia de baixo carbono.

ABSTRACT

Since the 1990s, Brazilian agriculture has taken a leading role in sustainable development. In this context, the United Nations Conference on the Environment (Rio-92) was held in Rio de Janeiro, the release of satellite images that reduced deforestation rates in the Amazon, and the implementation of the Forest Code and the creation of the ABC Program (Low Carbon Agriculture). The program aims to disseminate sustainable productive practices through specific lines of financial credit. The present study measures the impact (or causal effect) of the ABC Program on production per GHG emissions. In order to evaluate this effect, a synthetic control model was built to compare Brazil (treated group) with the rest of the world (control group), from 2000 to 2015. The results showed that the impact of the program is null on the interest variable in the post-intervention.

Keywords: agriculture; sustainability; emissions; low carbon economy.

1 INTRODUÇÃO

O setor agropecuário brasileiro responde por quase a metade da pauta exportadora e é responsável por cerca de um terço do produto interno bruto (PIB). Desde a década de 1990, o crescimento produtivo se baseou na intensificação tecnológica, bem como na sustentabilidade ambiental. De um lado, o Brasil se tornou um dos principais produtores de alimentos, fibras e bioenergia. De outro, o país assumiu protagonismo em relação ao desenvolvimento sustentável.

O papel de destaque do país vem sendo desenvolvido desde 1992, com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro. Nessa oportunidade, foi estabelecido o marco de como a comunidade política internacional conciliaria o desenvolvimento socioeconômico com o uso sustentável dos recursos naturais na economia. Outra iniciativa pioneira que deve ser destacada é a tentativa de estimular o controle das queimadas na Amazônia. Desde 2004, o Brasil, por intermédio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), liberou o acesso completo a todos os dados gerados pelos sistemas de monitoramento de imagens de satélites, possibilitando que o setor privado ou a sociedade civil organizada fiscalizasse as taxas de desmatamento na região. Até então, a liberação dessas informações era considerada estratégica e de uso militar, e nenhum outro país havia feito isso.

Criou-se, assim, naquele ano, o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), no intuito de integrar o combate ao desmatamento nas políticas de Estado, de modo que os órgãos ambientais não atuassem de forma isolada. Após a liberação dessas informações, houve um declínio de uma média anual de aproximados 18.309 km², no período 1990-2004, a quase 8.877 km², em 2005-2019, com a menor taxa de 4.571 km² em 2012.

Durante a 15ª Conferência das Partes (COP15), em 2009, na cidade de Copenhague, o governo brasileiro comprometeu-se com a redução de 36,1% a 38,9% das emissões de gases de efeito estufa (GEEs) até 2020. No mesmo ano, a Lei nº 12.187 instituiu a Política Nacional de Mudança do Clima. Em 2010, conforme o art. 3º do Decreto nº 7.390, elaborou-se o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas (Plano ABC), que foi composto por sete programas, sendo seis referentes à mitigação e um à adaptação: *i*) recuperação de pastagens degradadas; *ii*) integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) e sistemas agroflorestais; *iii*) sistema de plantio direto (SPD); *iv*) fixação biológica de nitrogênio (FBN); *v*) florestas plantadas; *vi*) tratamento de dejetos animais; e *vii*) adaptação às mudanças climáticas.

O Programa ABC (voltado para financiar práticas de produção sustentável) foi instituído pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), com a disponibilização de R\$ 2 bilhões no Plano Agrícola e Pecuário 2010-2011, ampliando para R\$ 3,15 bilhões no período 2011-2012. Entretanto, a aceitação inicial do programa foi lenta, com poucos projetos aprovados no primeiro ano e com desembolso menor do que 25% do total de recursos disponibilizados. Em 2014/2015, houve um aumento significativo dos desembolsos, cerca de R\$ 3,6 bilhões, e do número dos contratos, acima de R\$ 8 mil. De 2010 a 2019, todos os projetos representaram empréstimos no valor superior a R\$ 17 bilhões.

Em 2012, a Lei nº 12.651 definiu o novo “Código Florestal”, estabelecendo normas gerais sobre a proteção da vegetação nativa (áreas de preservação permanente, reserva legal e de uso restrito), a exploração florestal, o controle e a prevenção dos incêndios florestais, assim como a previsão de instrumentos econômicos e financeiros para a produção sustentável. Esse arcabouço jurídico pretendeu orientar e disciplinar o uso da terra e a conservação dos recursos naturais no Brasil.

Na COP 21, em Paris, no ano de 2015, como desdobramento do Programa ABC, o compromisso assumido se converteu na Contribuição Nacional Determinada (CND), que, ao longo da COP22, em Marrakesh, propôs a redução das emissões de GEEs em 37% até 2025, bem como de 43% até 2030, ambas as metas relativas às emissões de 2005. Este objetivo focou na redução do desmatamento da Amazônia e do Cerrado, incluindo o aumento da participação de bioenergia na matriz energética, o fortalecimento do cumprimento do Código Florestal, a expansão do uso de energias renováveis, bem como a recuperação de pastos degradados.¹

Essa política se tornou um importante instrumento de conscientização do setor agropecuário no uso de práticas produtivas sustentáveis, no entanto, existem poucos estudos que buscam isolar o impacto do programa. As avaliações são frágeis e utilizam informações qualitativas, e somente análises de correlação, como em Leal (2016) e Giannetti (2017). São documentos interessantes para o entendimento das questões associadas à distribuição dos recursos concedidos pelo Programa ABC aos produtores rurais, mas que pouco explicam a contribuição do programa para a mitigação de GEEs. Assim, o estudo busca avaliar o impacto (ou o efeito causal) do Programa ABC sobre a produção por emissões de GEEs.

1. Para aprofundar o tema da produção sustentável e das inovações tecnológicas na produção brasileira, confira Soterroni *et al.* (2016), Gurgel e Laurenzana (2016), Ferreira Filho, Ribera e Horridge (2016), Vieira Filho e Gasques (2016), Vieira Filho e Fishlow (2017), Vieira Filho (2018) e Telles e Righetto (2019).

Nesse sentido, tem-se o seguinte questionamento: seria a estratégia adotada pelo Programa ABC, de subsídio ao crédito para a adoção de práticas mitigadoras de GEEs, a melhor política para estimular a produção de baixo carbono? Para responder a esse questionamento, precisa-se de uma estratégia empírica que permita identificar o efeito causal do programa na mitigação de GEEs. A principal dificuldade nesse tipo de análise é isolar os efeitos causais da intervenção governamental (o Programa ABC) em unidades agregadas, como o Brasil. Como comparar os resultados do Brasil pós-intervenção do programa (grupo de tratamento) com um contrafactual que represente adequadamente a situação de não intervenção?

No intuito de contornar esse obstáculo, utilizou-se o método de controle sintético. A metodologia foi desenvolvida por Abadie e Gardeazabal (2003) e Abadie, Diamond e Hainmueller (2010) para casos em que a intervenção ocorra em uma unidade agregada, como países e estados. Diferente do método de diferenças em diferenças convencional, a ideia principal da metodologia é a construção, a partir de um conjunto de unidades agregadas não tratadas (*donor pool*), de um grupo de controle similar à unidade tratada pré-intervenção. É nesse esforço que se encontra a maior contribuição deste estudo para a literatura.

Para tanto, serão apresentadas seis seções, incluindo esta breve introdução. A seção 2 busca explicar o Programa ABC, suas principais características e objetivos. Na seção 3, tem-se a revisão da literatura, tanto do impacto da intensificação produtiva na mitigação das emissões de GEEs da agricultura quanto da efetividade do Programa ABC. Na seção 4, apresentam-se o método de controle sintético e a base de dados. A seção 5 avalia os principais resultados e testes de placebo. Por fim, seguem as considerações finais.

2 O PROGRAMA ABC

O Brasil, na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), foi o primeiro país a submeter um nível de referência de emissões no ano de 2009 (Vieira Filho, 2018). Os compromissos apresentados basearam-se na redução do desmatamento, na adoção de práticas produtivas sustentáveis (integração produtiva, plantio direto, fixação biológica de nitrogênio), assim como na expansão da eficiência energética e do uso de biocombustíveis.

Para o setor agropecuário, entre 2009 e 2010, elaborou-se o *Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura* (Programa ABC). Seu objetivo seria a promoção de medidas de mitigação das emissões de GEEs na agricultura brasileira em consonância com as metas assumidas pelo Brasil no âmbito internacional.

O Programa ABC ofereceu aos agricultores linhas de crédito diferenciadas, as quais totalizaram sete programas. Na tabela 1, para o período 2010-2018, a taxa de juros praticada pelo programa passou a maior parte do tempo abaixo de 6%, enquanto a taxa básica média ficou sempre mais elevada, no entanto, as duas passam a convergir a partir do ano-safra de 2016/2017, um processo que torna cada vez menos atrativo o crédito subsidiado. Na perspectiva do produtor, Gil, Garrett e Berger (2016) identificaram a existência de incerteza na decisão de adotar as práticas produtivas contempladas pelo programa. O subsídio concedido promoveria a difusão das práticas, contudo, no decorrer dos anos, esse subsídio passa a ser menos atrativo (tabela 1).

Pela tabela 1, tem-se a evolução da taxa de juros, do número de contratos e dos valores aplicados. No início da vigência do programa, tem-se a manutenção da taxa de juros praticada em torno de 5%, até a safra 2014-2015. O valor de aporte do programa é crescente, com o ponto máximo do número de contratos, 8.018, nessa safra. A evolução do número total de contratos pode também ser observada na mesma tabela.

TABELA 1
Evolução do número de contratos, do valor desembolsado, do valor disponibilizado pelo Programa ABC, da taxa de juros e a média da taxa Selic no ano/safra

Safra	Contratos	Valor desembolsado (R\$ em bilhões)	Valor disponibilizado pela linha de crédito (R\$ em bilhões)	Taxa de juros (%)	Média da taxa Selic (%)
2010/2011	1.290	0,418	2,000	5,5	11,3
2011/2012	5.038	1,516	3,150	5,5	10,8
2012/2013	4.961	2,865	3,400	5,0	7,5
2013/2014	5.882	2,695	4,500	5,0	9,9
2014/2015	8.018	3,656	4,500	5,0	12,0
2015/2016	3.344	2,052	3,000	8,0	14,2
2016/2017	1.808	1,221	2,990	8,5	13,0
2017/2018	2.460	1,618	2,130	7,5	7,6
2018/2019 (jul.-jan.)	1.470	1,264	2,000	6,0	6,5
Total	34.271	17,306	27,670	-	-

Fontes: Brasil (2020); Banco Central do Brasil. Matriz de dados do crédito rural 2020. Disponível em: <<https://is.gd/jnBpMA>>. Acesso em: 7 jun. 2020.

Uma crítica ao programa, como bem pontua Carauta *et al.* (2018), é a falta de especificação clara, nas documentações oficiais, do que seria, ou não, considerado sistemas iLPF, por exemplo. Identificou-se que, na prática, é considerado um sistema integrado pela existência, pelo menos, de uma área florestal de 10%, ou seja, um sistema pecuária-floresta com 10 ha deve ter pelo menos um 1 ha de floresta integrada com a produção de gado. A decisão da concessão ou não de crédito é determinada pelos gerentes de bancos locais credenciados, que normalmente não estão aptos a realizar esse diagnóstico.

De 2010 a 2018, foram contratados cerca de R\$ 17,3 bilhões; no entanto, foram disponibilizados cerca de R\$ 27 bilhões para o programa, conforme a tabela 1 (Brasil, 2020). Gasparini *et al.* (2017) apresentaram diversos entraves na concessão do crédito do Programa ABC. Os produtores rurais, pesquisados no Mato Grosso, tiveram dificuldades na captação de recursos financeiros pela linha ABC por diversas razões, como: *i)* a falta de conhecimento dos agentes bancários envolvidos; *ii)* o pouco interesse das instituições financeiras em financiar esse tipo de crédito; *iii)* a alta burocracia; *iv)* o excesso de exigências na comprovação do custeio; entre outras, que vão de encontro com os esforços governamentais de ampliar o acesso aos recursos disponíveis. O impacto dessas dificuldades foi que, segundo Gasparini *et al.* (2017), dos R\$ 3 bilhões disponibilizados para as linhas de crédito do Programa ABC para todo o Brasil, apenas 74,6% foram acessados pelos produtores.

Esses entraves explicam o motivo do Programa ABC está aquém em algumas das metas a serem atingidas até 2020 (Telles e Righetto, 2019). A recuperação de pastagens degradadas se apresenta como um problema central, a maior parte delas situada no Cerrado nordestino (onde se inclui o estado do Tocantins) e no Nordeste litorâneo (FGV, 2017). Segundo Brasil (2020), a maior parte dos aportes da política situa-se no Sudeste e no Centro-Oeste, mudando apenas em 2017, quando o número de contratos do Norte supera o apresentado no Centro-Oeste. No entanto, pouco se altera nos níveis de contratos do Nordeste. Caso a estratégia do Programa ABC fosse de “livre alocação”, ou seja, a recuperação de pastagens em nível nacional, independentemente de as áreas recuperadas serem prioritárias ou não, alcançaria uma redução de emissões de GEEs entre 32% e 39% da meta total de redução, já que não se beneficiaria do efeito “poupa-terra” e do potencial de sequestro de carbono das áreas onde há mais pastagens degradadas (FGV, 2017).

Conforme mensurado por Telles e Righetto (2019), as metas estipuladas e seus resultados podem ser consultados na tabela 2. Chamam a atenção os resultados referentes à iLPF, ao SPD e à FBN, já que foram programas que ultrapassaram a meta estabelecida: 177,5%, 119,38% e 210,91%, respectivamente, em expansão de área de adoção. Com relação à estimativa da mitigação das emissões, apenas a iLPF e a FBN superaram as metas, representando, respectivamente, 149,5% e 212,3% da meta fixada. A partir das estimativas expostas, o programa já conseguiu atingir cerca de 55% do potencial de mitigação, considerando seu limite inferior e informações estatísticas que não englobam todo o período.

TABELA 2
Mitigação do GEEs na agropecuária com a adoção de tecnologias de baixa emissão de carbono do Programa ABC

Tecnologia	Recuperação de pastagem	iLPF	Sistema de plantio direto	Florestas plantadas	Fixação biológica de nitrogênio	Total
Metas do Programa ABC						
Compromissos (ha milhões)	15,00	4,00	8,00	3,00	5,50	35,50
Potencial de mitigação (milhões de mg CO ₂ equivalente)	83 a 104	18 a 22	16 a 20	8 a 10	10	135 a 166
Expansão da adoção da tecnologia						
Área total (ha milhões)	26,19	12,61	32,90	8,48	35,80	115,34
Expansão da adoção no período (ha milhões)	4,46	7,10	9,55 ¹	2,39 ¹	11,60	35,10
Período considerado	2010-2018	2010-2016	2010-2017	2010-2017	2010-2018	-
Porcentagem atingida em relação à meta no período	29,73	177,5	119,38	79,67	210,91	98,87
Estimativas da mitigação						
Fator emissão (mg CO ₂ equivalente ha ⁻¹ ano ⁻¹)	3,79	3,79	0,50	1,83	1,83	-
Mitigação (milhões de mg CO ₂ equivalente)	16,90	26,91	4,78	4,37	21,23	74,19
Porcentagem atingida em relação ao limite inferior do potencial de mitigação da meta	20,36	149,50	29,88	54,63	212,30	54,96

Fonte: Telles e Righetto (2019, p. 107).

Notas: ¹ Resultado da interpolação de dados entre os Censos Agropecuários 2006 e 2017.

Interessante perceber que, mesmo sendo uma das tecnologias com menor número de aportes, menos de 3% do total de contratos em 2018 (Brasil, 2020), a iLPF foi uma das práticas que mais obteve êxito nas metas estabelecidas. Outro ponto que se destaca é que os resultados apresentados pela FBN, mesmo sem nenhum aporte direcionado para essa prática, apresentou resultados virtuosos. Já as práticas mais financiadas são a recuperação de pastagens e o SPD. Com relação à recuperação de pastagens, tanto as metas de expansão da tecnologia quanto as estimativas de mitigação de GEEs estão abaixo do esperado, ambas flutuando abaixo de 30% dos compromissos assumidos.

Esse resultado é preocupante, já que cerca de 57% do total das emissões do setor agropecuário é composto de fermentação entérica. Junto com essa constatação, com relação à concentração desses esforços em áreas onde se tem um limitado efeito “poupa-terra” e de sequestro de carbono, observou-se que a principal região beneficiária foi o Centro-Oeste. O SPD ultrapassou a meta estabelecida para sua expansão; no entanto, a estimativa de mitigação de emissões de GEEs ficou abaixo da meta estabelecida, cerca de 30 % do objetivo. Com relação à expansão da adoção do tratamento de dejetos animais e de estimativas de mitigação referentes a esta prática, Telles e Righetto (2019) indicaram que cerca de 1,7 milhão de metros cúbicos de dejetos foram tratados. Essa expansão representou mitigação de 2,67 milhões de mg CO₂ equivalente, alcançando apenas 39% da meta estabelecida. Não obstante, essa é uma tecnologia cujas estatísticas são muito ruins, o que leva a uma subestimação da meta atingida.

3 INTENSIFICAÇÃO TECNOLÓGICA E REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEEs

A experiência internacional aponta, como visto por Roco *et al.* (2017), que as práticas adaptativas apresentaram uma redução das emissões de GEEs, além de um efeito significativo e positivo na produção da agropecuária, sugerindo a relevância da adaptação às mudanças climáticas sobre a produtividade dos produtores. No caso brasileiro, Oliveira Silva *et al.* (2016), ao avaliarem a importância das políticas públicas que estimulam ganhos de produtividade com o intuito de reduzir o desflorestamento e mitigar a emissão de GEEs, apontaram que esse tipo de política impacta na redução do desmatamento, especialmente nos biomas amazônico e Cerrado. Além de impulsionar o crescimento econômico, transbordando para outras regiões do Brasil, tais como Centro-Oeste e Norte, aumentaram-se a renda e o consumo nessas regiões.

Nesse contexto, as inovações tecnológicas, no sentido de intensificação da atividade agropecuária, são fundamentais. Há espaço para ganhos de produtividade relacionados à intensificação produtiva (Vieira Filho e Fishlow, 2017; Vieira Filho, 2018). Bogaerts *et al.* (2017) apontaram que a prática tradicional da pecuária brasileira, por exemplo, foi caracterizada por atuar com baixa intensidade tecnológica, na qual predominaram as grandes pastagens abertas, pouco cuidadas. Diversos autores, como Ferraz e Felício (2010) e Telles e Righetto (2019), apontaram que o sistema extensivo convencional, embora menos eficiente que os sistemas intensivos, possui custos muito inferiores, o que determina certa competitividade global. Segundo Ferraz e Felício (2010), os custos da carne bovina brasileira foram, apesar da ineficiência produtiva, cerca de 60% menores que na Austrália e 50% abaixo do que é praticado nos Estados Unidos. Por exemplo, a idade média de abate no Brasil é de 4 anos de idade, enquanto nos Estados Unidos é de 2 anos. Vale salientar que há uma heterogeneidade produtiva na pecuária brasileira. Segundo Correa e Schimidt (2014), em algumas áreas do Cerrado brasileiro, a idade média de abate chega a 18-20 meses, período menor que 2 anos.

Práticas de intensificação produtiva, muitas das quais com linhas específicas de crédito no Programa ABC – como a recuperação de pastagem, a nutrição adequada do pasto e do animal, o uso de aditivos e suplementos em semiconfinamento, o confinamento estratégico, os bons índices reprodutivos do rebanho, bem como o sequestro de carbono via iLPF –, possuem um grande potencial de ganhos em eficiência e, consequentemente, na mitigação dos GEEs, como mostram Bogaerts *et al.* (2017) e Oliveira Silva *et al.* (2016).

Oliveira Silva *et al.* (2016), com o emprego de um modelo de programação linear, relacionando variáveis econômicas, climáticas e ambientais, no intuito de otimizar a alocação de recursos, buscaram entender como o aumento da produção pecuária brasileira pode conviver com a redução de emissão de GEEs. Mostrou-se que uma pecuária mais eficiente seria menos poluente. A restauração das pastagens, em conjunto com a adoção de determinadas inovações técnicas, é a medida mais promissora para a mitigação do impacto setorial para as mudanças climáticas.

A iLFP desponta como alternativa para a mitigação das emissões de GEEs da agropecuária, já que promove a retenção de carbono na biomassa e no solo, como apontam Balbino, Cordeiro e Martínez (2011) e Serra *et al.* (2019). A associação do aumento da demanda por alimentos com a evolução tecnológica, que padroniza os sistemas agrícolas modernos em monoculturas, mostra sinais de saturação, principalmente na pecuária, na qual a degradação de pastagens tornou-se um dos principais sinais da baixa sustentabilidade da atividade. Destaca-se ainda que a iLFP possibilita que a área da propriedade rural seja explorada economicamente todo o ano, favorecendo o aumento da oferta de grãos, de carne e de leite a um baixo custo. Porém essa tecnologia impõe desafios aos adotantes, como a exigência de maior nível de qualificação por parte dos produtores, gestores, técnicos e colaboradores, além da necessidade de maior investimento financeiro na atividade, como apontam Balbino *et al.* (2012) e Gasparini *et al.* (2017).

O SPD é considerado importante na conservação ambiental em regiões tropicais (Telles e Righetto, 2019) e uma das práticas com maior resultado no Programa ABC. Essa tecnologia eleva o nível de matéria orgânica do solo, aumentando o potencial de sequestro de carbono, além de outros benefícios, como conservação do solo e da água, aumento da eficiência da adubação e redução do consumo de agrotóxicos. Segundo o Observatório ABC, da FGV (2017), o SPD é capaz de sequestrar, em média, de 0,5 tonelada de carbono por ano a mais quando comparado ao sistema de plantio convencional.

Carvalho *et al.* (2010) estudaram o potencial existente na redução da emissão dos GEEs no manejo adequado do solo. Mostrou-se que a iLFP no Cerrado, sob SPD, possuiu maior incremento nos estoques de carbono no solo quando comparado às áreas sob SPD sem a presença de forrageira, ou à sucessão de cultivos, salientando o potencial de sequestro de carbono do SPD no Cerrado. Balbino *et al.* (2011) identificaram o quão inovador é a combinação e o quanto essa prática foi adotada no Brasil.

A literatura que busca avaliar, empiricamente, os impactos do Programa ABC na mitigação de GEEs é escassa e calcada em simulações computacionais. A maioria dos estudos se dedica a analisar o Programa ABC a partir de uma avaliação qualitativa

e da análise descritiva dos dados, normalmente referentes às metas de mitigação de emissões. Há, nesse sentido, trabalhos como os de Wander, Tomaz e Pinto (2016), Liell *et al.* (2018), Leal (2016), Gianetti (2017) e Telles e Righetto (2019). Contudo, nos estudos citados, não se podem associar os indicadores selecionados a medidas de impacto do programa. Por isso, é importante isolar o efeito causal do programa, de modo a mensurar o real impacto.

O único trabalho é o de Carauta *et al.* (2018), que avaliaram a efetividade do Programa ABC para a difusão da agricultura de baixo carbono no Mato Grosso, aplicando simulações bioeconômicas e biofísicas. Os resultados sugeriram que o crédito subsidiário não possui um papel significativo na adoção de sistemas intensivos de produção agropecuária no Mato Grosso e que apenas uma pequena parcela dos usuários desses sistemas utilizou linhas de crédito ABC.

Tem-se ainda Costa Junior (2018), que busca analisar o crédito rural subsidiado e o investimento em pesquisa agrícola. Os resultados apontaram que, por um lado, o baixo investimento em pesquisa contribuiu com a baixa produtividade do setor agrícola até 2011, recuperando-se em 2012 e 2013. Por outro lado, o crédito rural subsidiado apresentou resultado nulo até 2009, positivo em 2010 e 2011 e negativo em 2012 e 2013. Este resultado permite compreender que o crédito subsidiado, por si só, garantiu retornos em produtividade no setor, mas não avalia o impacto na mitigação dos GEEs.

4 METODOLOGIA

4.1 Método de controle sintético

Proposto por Abadie e Gardeazabal (2003) e Abadie, Diamond e Hainmueller (2010), o método de controle sintético (MCS) parte da definição da unidade tratada – neste estudo, o Brasil – e da seleção da variável de interesse, que deve ser observada no período pré e pós-tratamento. Em seguida, deve-se escolher o *donor pool*, um conjunto de unidades agregadas, podendo ser oriundas de uma mesma região ou serem similares em termos de covariadas, podendo ser características socioeconômicas ou características biofísicas das unidades controladas.

A escolha desse grupo requer cuidado, como bem pontuam Abadie, Diamond e Hainmueller (2010). Deve-se atentar para isto: *i*) unidades afetadas por um evento ou uma intervenção de natureza semelhante devem ser excluídas do *donor pool*; *ii*) unida-

des que sofreram grandes choques idiossincráticos na variável de interesse devem ser descartadas; e *iii*) o tamanho do *donor pool* deve ser limitado, considerando unidades similares, para evitar sobre ajustamento, já que a unidade de controle sintético deve ajustar-se perfeitamente à variável de interesse pré-tratamento.

De maneira geral, tem-se que Y_{jt}^N denota a produção por emissões totais da agricultura do país j no tempo t sem o tratamento (N); e, conseqüentemente, Y_{it}^I seria a unidade com tratamento (I). Suponha que existem $J+1$ países, onde o país 1 é a unidade de tratamento – no caso, o Brasil – e $J = 1, 2, 3, \dots, J+1$, os países não tratados, que estão no *donor pool*. Para o país tratado, têm-se os dados de interesse (Y_{it}^I), mas há a completa ignorância com relação às emissões do contrafactual, ou seja, caso não tivesse ocorrido a intervenção (Y_{it}^N para $t > 2010$). Assim, é necessário estimar Y_{jt}^N para obter o efeito do tratamento α_{it} :

$$\alpha_{it} = Y_{it}^I - Y_{jt}^N. \quad (1)$$

A partir do *donor pool*, o MCS seleciona pesos (W) para todas as unidades de controle potencial com base nas suas características observadas. A ideia básica é encontrar pesos $W = (w_1, w_2, \dots, w_{j+1})'$, com $w_j \geq 0$ para $J = 1, \dots, J+1$ e $\sum_{j=2}^{J+1} w_{jt} = 1$. Assim, tem-se que a média ponderada de todos os países do *donor pool* se assemelha ao país tratado no que diz respeito às emissões de GEEs no período pré-intervenção (T_0) e a todos os outros aspectos relevantes (Z). Formalmente, tem-se que W , tal que²

$$\sum_{j=2}^{J+1} w_{jt}^* Y_{jt} = Y_{it} \text{ para todo } t < T_0 \text{ e } \sum_{j=2}^{J+1} w_{jt}^* Z_j. \quad (2)$$

Então $\sum_{j=2}^{J+1} w_{jt}^* Y_{jt}$, para $t \geq T_0$, é uma estimacão feita para a produção por emissões não observadas do contrafactual Y_{it}^N , permitindo a seguinte estimativa do efeito do tratamento:

$$\widehat{\alpha}_{it} = Y_{it}^I - \sum_{j=2}^{J+1} w_{jt}^* Y_{jt}, \quad t \geq T_0. \quad (3)$$

A equação (3) apresenta o estimador de controle sintético e que permite aferir o efeito da intervenção em cada ponto do tempo. Desta feita, criar-se-á uma unidade de

2. Para este estudo, até 2009 é o período pré-intervenção e, a partir do ano 2010, tem-se o período pós-tratamento.

controle sintético mais similar possível, mas tem-se de escolher o vetor W^* que minimize a distância, $\|X_1 - X_0 W^*\|$, entre X_1 e $X_0 W^*$, sujeito às restrições de peso. De maneira específica, MCS encontra um W^* que minimize:

$$\|X_1 - X_0 W^*\|_V = \sqrt{(X_1 - X_0 W^*)' V (X_1 - X_0 W^*)}, \quad (4)$$

em que V é definido como uma matriz semidefinida, positiva e simétrica ($k \times k$).

Na definição de V , os trabalhos de Abadie e Gardeazabal (2003) e Abadie, Diamond e Hainmueller (2010) propõem um procedimento orientado por dados para escolher V . Neste procedimento, um V^* é escolhido entre todas as matrizes positivas definidas e diagonais, dos quais o erro de previsão quadrático médio (MSPE) da variável de interesse é minimizado sobre um conjunto de períodos pré-intervenção, seja Z_1 o vetor ($T_p \times 1$) com os valores da variável de interesse da unidade tratada para algum conjunto de períodos pré-intervenção e Z_0 a matriz ($T_p \times J$) análoga para as unidades de controle, em que T_p ($1 \leq T_p \leq T_0$) é o número de períodos pré-intervenção sobre os quais o MSPE é minimizado. Então, V^* é escolhido para minimizar a seguinte equação:

$$\arg(Z_1 - Z_0 W^*(V))' (Z_1 - Z_0 W^*(V)). \quad (5)$$

Sobre a questão da inferência estatística, a teoria ainda está em desenvolvimento, e os testes de robustez são feitos a partir de resultados de placebos. Há vários testes de validade, um deles é utilizar um teste de permutação da unidade tratada pelo controle, ou seja, retira-se o tratado e elenca-se uma outra unidade do *donor pool*, e estima-se a trajetória pré e pós-tratamento. Um outro teste bem comum na literatura é aplicar iterativamente o método de controle sintético, reatribuindo aleatoriamente a intervenção no tempo (ou seja, datas pré-intervenção) ou entre unidades (ou seja, para controlar as unidades nas quais a intervenção não ocorreu) para produzir um conjunto de efeitos placebo. Posteriormente, poder-se-á comparar esses efeitos ao que foi estimado para o tempo e a unidade em que a intervenção de fato ocorreu.

4.2 Variáveis

As fontes de dados são três. Como primeira fonte, para os dados referentes às informações da agropecuária praticada em cada país, utilizaram-se dados do Economic Research Service, do United States Department of Agriculture (ERS-USDA). A segunda fonte, para as estimativas de emissões de GEEs para o setor agropecuário, foi retirada da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO). Por fim, para

os dados referentes ao capital humano, foi utilizado o Penn World Table version 9.1. A escolha do capital humano como controle se dá por sua importância nos incrementos da produção, destacado por Griliches (1964). Neste estudo, a variável de interesse, Y_{ij} , denota a produção por emissões totais do setor agropecuário do país i no tempo t . Para tanto, dividiu-se a produção do país i , no período t , pela totalidade das emissões agrícolas do setor agropecuário.

Escolheram-se, ainda, variáveis tipicamente preditoras de produção agropecuária, sendo área colhida (em mil hectares) para todas as culturas anuais temporárias (cerca de 187) e permanentes, além de área de pastagem, estoque de máquinas agrícolas, mão de obra economicamente ativa na agricultura, utilização de fertilizantes por tonelada, além do valor total da produção agropecuária e da produção pecuária. Ainda, se utilizou o índice de capital humano, como proposto por Silva e Vieira Filho (2019).

O período de análise é 2000-2015, no qual T_0 é $2000 \leq T_0 < 2010$, período de pré-tratamento. A escolha de iniciar a série em 2000 guiou-se pela necessidade de evitar uma particularidade existente no Brasil nesse período. Foi criado em 2004 o PPCDAm, que possui impactos relevantes nas reduções totais da economia via redução da taxa de desmatamento. Quanto à data final da pré-intervenção ser 2009, dá-se pelo fato de o Brasil assumir os compromissos na COP15 e pela promulgação da Política Nacional de Mudança do Clima, ambos no ano de 2009, sendo 2010 o primeiro ano de atuação. No que tange à estratégia de seleção das unidades para a construção do *donor pool*, elencam-se quatro pilares. O primeiro refere-se aos países que estão entre os vinte maiores agroexportadores mundiais, tanto em valor quanto em quantidade. O segundo relaciona-se aos países com altos níveis de eficiência técnica produtiva, como calculado em Silva e Vieira Filho (2018). O terceiro diz respeito ao fato de não possuir política ou legislação semelhante ao Programa ABC (Chiavari e Mendes, 2017). Por fim, o quarto associa-se a não haver nenhum movimento idiossincrático no país com relação à tendência das emissões relacionadas com a agropecuária.

Os países selecionados para compor o *donor pool* foram: Argentina, Austrália, Brasil, China, Índia e Estados Unidos. A escolha seguiu o seguinte procedimento. Primeiramente, observaram-se os vinte maiores agroexportadores mundiais em 2016. Em seguida, excluíram-se os países que não estavam entre os quinze mais eficientes tecnicamente. Posteriormente, observou-se a existência de alguma política similar ao Programa ABC nesses países, o que não foi observado. Desses, restaram apenas os países selecionados. As definições das variáveis utilizadas estão descritas no quadro 1.

QUADRO 1
Definição das variáveis utilizadas

Variáveis	Definições
Produto	Produção agrícola bruta para cada país a preços internacionais constantes de 2004-2006, medidos em milhares de dólares.
Área agropecuária	Terra agrícola total em hectares. É a soma das terras cultivadas com chuvas, terras cultivadas irrigadas e pastagens permanentes.
Consumo de fertilizantes	Toneladas métricas de consumo de fertilizantes N, P ₂ O ₅ e K ₂ O.
Trabalhadores	Número de adultos economicamente ativos na agropecuária.
Estoque de máquinas	O estoque total de máquinas agrícolas em “equivalentes a tratores de 40 CV” (CV = potência métrica), agregando o número de tratores de duas rodas, tratores de quatro rodas e colheitadeiras e debulhadoras.
Capital humano	Esse é um índice computado com base na média de anos de escolaridade, linearmente interpolada, de Barro e Lee (2013), e uma taxa presumida de retorno ensino primário, secundário e superior, como em Caselli (2005).
Total de cabeças equivalentes a gado	Total de cabeças de equivalentes a gado em fazendas com base no tamanho relativo e nas necessidades alimentares.
Produção por emissões	Produção agropecuária medida em milhares de dólares sobre as emissões totais de GEEs da agropecuária (gigatoneladas).

Fonte: Food and Agriculture Data. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 7 jun. 2020.
Elaboração dos autores.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Construindo uma versão sintética do Brasil

A partir da metodologia apresentada, construiu-se um Brasil sintético, com pesos que reproduzem melhor as emissões de GEEs do setor agropecuário no período pré-intervenção. A tabela 3 apresenta os pesos de cada país para a versão do Brasil sintético. Todos os países do *donor pool* contribuíram para a versão sintética brasileira. Em ordem de importância de contribuição, têm-se: Índia, Argentina, Austrália, China e Estados Unidos.

TABELA 3
Pesos dos países selecionados na composição do controle sintético do Brasil

País	Peso (%)
Argentina	26,1
Austrália	17,2
China	< 1
Índia	56,2
Estados Unidos	< 1

Fonte: Resultados da pesquisa.
Elaboração dos autores.

A tabela 4 compara as características de pré-intervenção do Brasil com as do controle sintético, além de apresentar a média total do *donor pool* selecionado. Esses valores são

utilizados para a diagonal da matriz V , referentes à variável que explica a produção por emissões totais de GEEs pela agricultura (equação 4). No geral, os resultados sugerem que o controle sintético oferece uma comparação muito melhor para o Brasil do que a média simples da amostra de países do *donor pool*.

TABELA 4
Médias das variáveis para o tratado, o controle sintético e a amostra dos países utilizados para composição do controle sintético

Variável	Tratado	Controle sintético	Média da amostra
Produção agrícola	18,534	18,273	18,522
Área agropecuária	11,277	11,837	11,876
Consumo de fertilizantes	15,996	15,671	15,924
Trabalhadores	9,428	9,988	9,294
Estoque de máquinas	13,629	14,071	14,293
Produção pecuária	17,729	17,156	17,567
Capital humano	0,803	0,830	0,998
Produção por unidade de emissão da agricultura	5,638	5,644	5,909

Fonte: Resultados da pesquisa.
Elaboração dos autores.

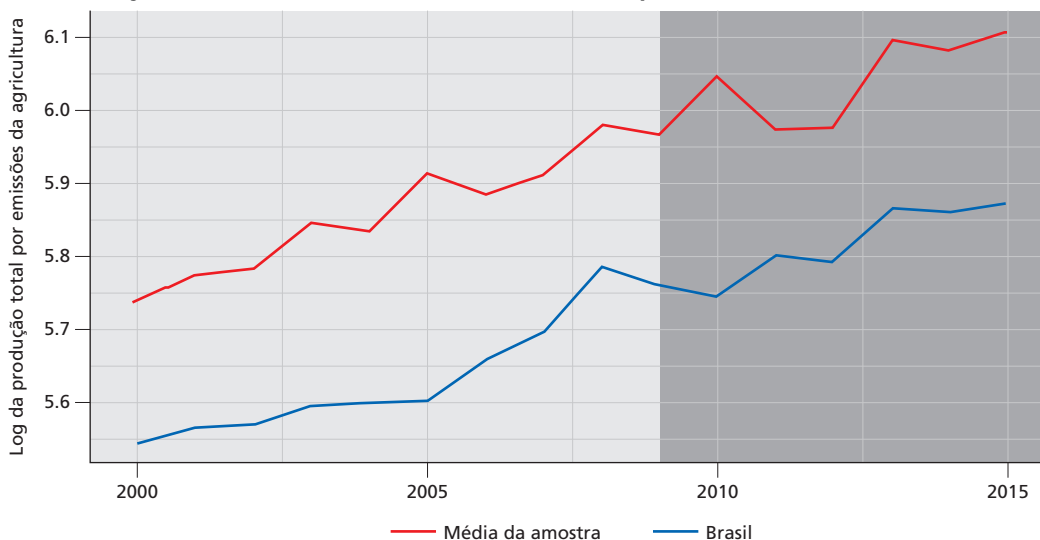
Obs.: Todas as variáveis estão em logaritmo, para evitar problemas relacionados à escala.

O Brasil obtido por meio do controle sintético é muito semelhante ao Brasil real em todas as variáveis escolhidas preditoras pré-Programa ABC, em comparação com a média dos países selecionados para participar do grupo de controle, com exceção do logaritmo do capital humano, para o qual, quando comparado às covariadas do Brasil real, se obteve média superior. As demais covariadas foram semelhantes.

O gráfico 1 mostra que o Brasil e a média dos países que formam o grupo de controle apresentaram movimentos distintos, tanto em relação à trajetória quanto ao nível das emissões. Evidencia-se que, em 2010, o primeiro ano de atuação do Programa ABC, tem-se uma continuação de uma tendência de redução da produção por emissão, seguida por uma tendência de crescimento, seguida por uma estabilização do nível de produção por emissões da agricultura, movimento semelhante ao observado na média dos potenciais controles.

GRÁFICO 1

Evolução das emissões de GEEs: Brasil e média dos países selecionados



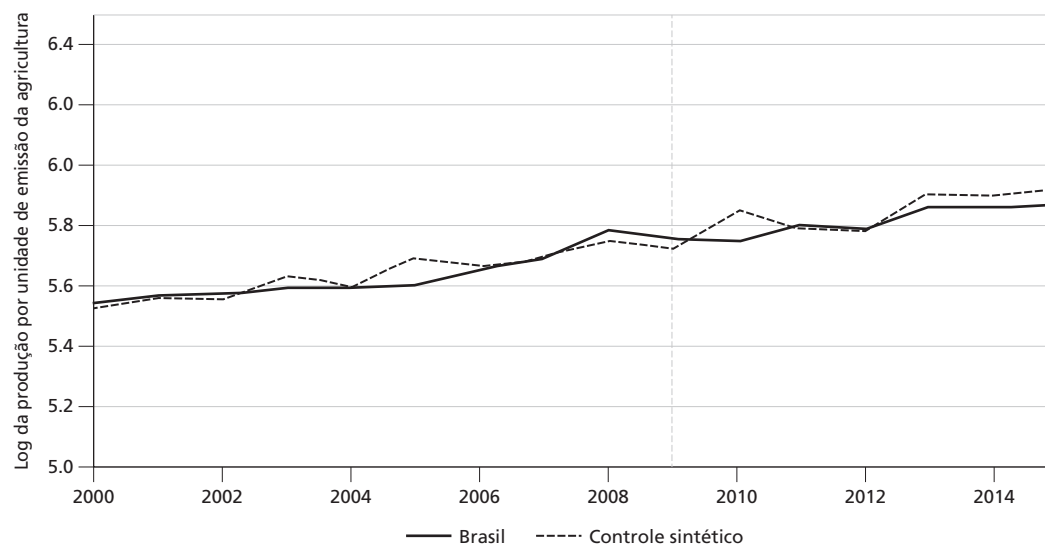
Fonte: Food and Agriculture Data. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 7 jun. 2020. Elaboração dos autores.

5.2 Efeito do Programa ABC

O gráfico 2 apresenta a trajetória da produção por emissões totais de GEEs da agropecuária³ do Brasil e sua contraparte sintética para o período 2000-2015. O Brasil sintético reproduz, com alguma exatidão, as emissões do Brasil real durante todo o período pré-intervenção – apenas em 2005 não foi possível reproduzir de maneira precisa a trajetória. A combinação entre o ajustamento da produção por emissões e as médias das covariadas do grupo de controle sintético demonstram que existe uma combinação de outros países que conseguem reproduzir a produção por emissões de GEEs da agropecuária praticada no Brasil antes do período de atuação do Programa ABC, sem a necessidade de utilizar outro expediente que não os dados oferecidos pelo *donor pool*.

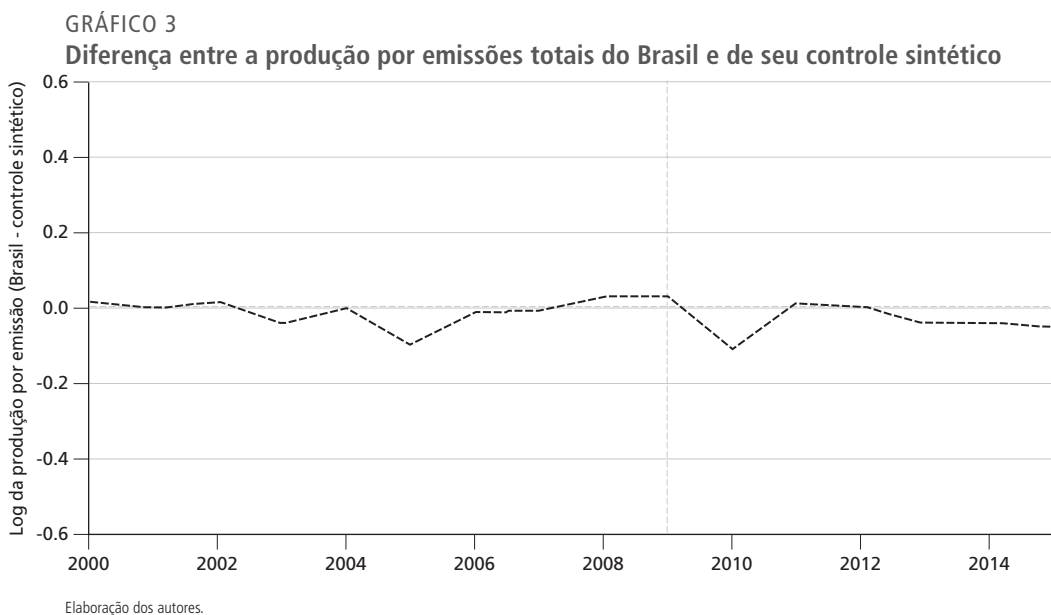
3. As emissões totais da agropecuária são compostas por: fermentação entérica, manejo de dejetos animais, solos agrícolas, cultura do arroz, queima de cana e algodão, bem como tratamento de resíduos.

GRÁFICO 2
Evolução da produção por emissões totais da agricultura: Brasil e controle sintético



Elaboração dos autores.

As estimativas apresentadas do impacto do Programa ABC sobre a produção por emissões de GEEs na agropecuária se dão pela diferença entre o Brasil real e sua versão sintética ($\hat{\alpha}_{it}$), apresentada no gráfico 3. Quanto maior for a produção por emissão, melhor será o desempenho, já que se produz mais com menos emissão. Os resultados apontam que, no primeiro ano de atuação do Programa ABC, ocorreu uma divergência nas duas trajetórias, uma redução da produção por emissões totais da agropecuária, na qual a evolução das emissões do Brasil real se afasta de sua contraparte sintética e, em seguida, as duas linhas se encontram, momento em que o Brasil real supera, mesmo que levemente, o Brasil sintético. Sendo assim, no primeiro ano de atuação do programa, tem-se um impacto negativo na variável de interesse ($\hat{\alpha}_{it} < 0$).



Em seguida, nos anos de 2011 e 2012, é perceptivo que o impacto da intervenção passa a ter ligeiro efeito positivo ($\hat{\alpha}_{it} < 0$), ou seja, a produção por emissão do Brasil real aumenta mais que o controle sintético, indicando um efeito positivo. Depois do aumento do efeito da intervenção em 2011-2012, têm-se reduções gradativas do impacto da intervenção até o final do período analisado. O saldo final da política é uma efetividade nula no aumento da produção por emissão no setor agropecuário brasileiro.

Esse resultado pode ser explicado por alguns fatores. Alguns estudos, como Carauta *et al.* (2018) e Costa Junior (2019), identificaram que o Programa ABC não é um fator determinante para a adoção de sistemas produtivos intensivos. Observa-se, ainda, uma falta de clareza nas definições das tecnologias – por exemplo, não há uma definição precisa, nos documentos oficiais, do que pode ser considerada uma plantação de árvores em sistemas integrados. Ao final, quem decide se um agricultor é apto ou não para receber o crédito preferencial é o gerente local das agências bancárias, ou de organizações financeiras credenciadas, não havendo critérios precisos. Esse quadro de institucionalidade fraca pode criar comportamento oportunista entre os beneficiários, comprometendo os impactos do programa.

Outro ponto a ser levado em conta são os determinantes para a adoção dos sistemas integrados, como bem apontam Gil, Garrett e Berger (2016) e Pereira *et al.* (2018). Segundo os autores, apenas a oportunidade de lucrativa de crédito subsidiado não basta,

deve-se sanar lacunas em competências em paralelo. A primeira lacuna seria a necessidade de investimento em educação e assistência técnica,⁴ relacionado aos sistemas intensivos de produção, levando em conta a complexidade inerente tanto aos sistemas integrados quanto aos condicionantes particulares de cada agricultor e pecuarista. Além disso, a educação e o treinamento relacionam-se com a mudança de paradigma. O produtor tradicional resiste a adotar as práticas mais sustentáveis. Alterar essa mentalidade é fundamental para alcançar as metas do governo brasileiro de restaurar terras degradadas e aumentar a produção de alimentos no país.

Em segundo lugar, falta maior planejamento na implementação do programa. Gil, Garrett e Berger (2016) apontam a sinergia existente entre a integração lavoura-pecuária em áreas de soja, uma das *commodities* agrícolas mais importante. O estudo revela que a inclusão de braquiária, um tipo de pastagem, em áreas de soja, contribui para a melhoria da qualidade do solo e para a ciclagem de nutrientes. Com raízes volumosas e atingindo camadas mais profundas no terreno, o capim aproveita resíduos de adubação disponíveis em camadas não alcançadas pelas raízes da soja e do milho. No entanto, essas práticas, como apresentadas, não estão, mesmo com os incentivos do Programa ABC, completamente difundidas nos principais estados produtores (Bogaerts *et al.*, 2017), que podem influenciar os resultados do impacto do programa. Junto com isso, nas maiores áreas com pastagem degradada, o programa tem pouca incidência, o que reduz a capacidade de sequestro de carbono.

Além dessas evidências, mencionam-se limitações inerentes da metodologia escolhida para a medição do impacto do programa para o aumento da produção por unidade de emissões de GEEs na agricultura. Como visto, no período de maior adesão ao programa, tem-se mais de 8.018 contratos, diluídos em um universo de 5 milhões de estabelecimentos rurais (IBGE, 2020). Dessa forma, uma análise em âmbito nacional não seria a mais indicada, haja vista que o efeito causal entre a intervenção e a variável de interesse poderia não ser suficientemente forte para ser detectado, dado esse nível de agregação.

4. Para mais detalhes sobre os efeitos da extensão rural no meio rural brasileiro, ver Braga, Vieira Filho e Freitas (2019).

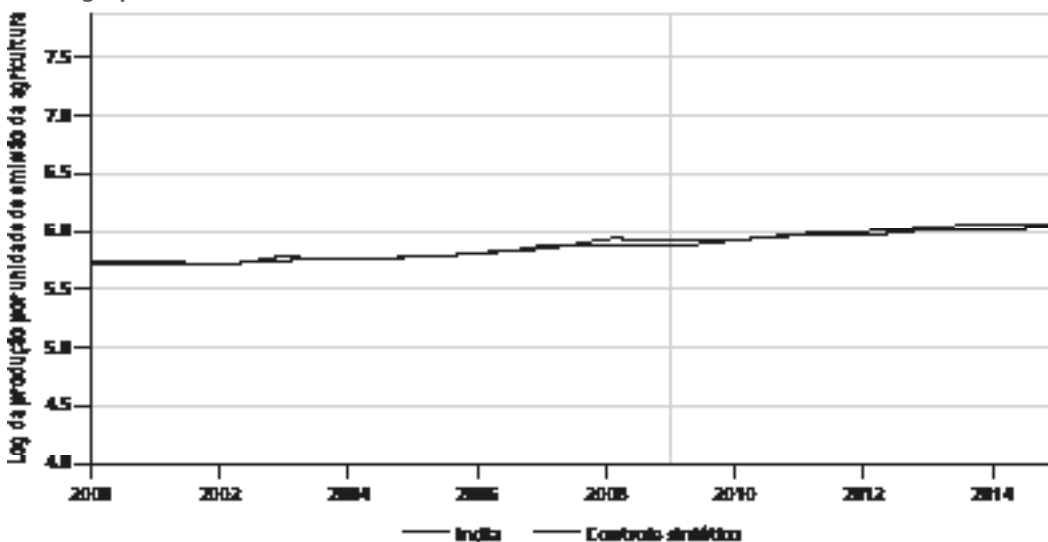
Deve-se, ainda, ter em mente que mesmo com a pouca adesão, quando comparado ao universo de estabelecimento agropecuário, muitas das metas foram alcançadas. Essa condição indica que a pouca efetividade observada pelo método de controle sintético pode ser explicada pela *performance* de alguns programas. Como mencionado, o programa referente à recuperação de pastagem é o que menos alcançou suas metas, apenas 20% da meta estabelecida de redução das emissões de GEEs. Conforme FGV (2017), tem-se que a maior parte dos contratos desse tipo de financiamento encontra-se em áreas não prioritárias, ou seja, no Centro-Oeste e no Sul, onde o nível de degradação das pastagens não é o mais elevado, limitando os efeitos poupa-terra e de sequestro de carbono que essa prática possibilita, uma vez que a maior parte das pastagens degradadas situa-se no Nordeste litorâneo e no Cerrado nordestino.

5.3 Estudos de placebo

Como discutido, para verificar a robustez dos resultados, é necessário realizar testes de placebo. A realização de inferência estatística a respeito dos resultados obtidos, como desenvolvem Abadie e Gardeazabal (2003), Abadie, Diamond e Hainmueller (2010) e Abadie, Diamond e Hainmueller (2015), deve-se basear a partir destes testes. Assim, é possível verificar a credibilidade dos resultados obtidos e apresentados na seção anterior. A ideia reside na chance de ocorrência do efeito do tratamento, se é raro ou não, apontando, assim, as chances de sua obtenção, caso algum dos países do *donor pool* fosse aleatoriamente escolhido, em vez do Brasil, por exemplo.

O primeiro teste de placebo realizado está apresentado no gráfico 4. Aqui, demonstra-se que, quando o método de controle sintético é aplicado à Índia, um país semelhante ao Brasil em termos das covariadas, mas que não passou pelo mesmo tratamento que o Brasil, não se observa efeito na variável de interesse.

GRÁFICO 4
 Estudo de placebo: tendências da produção por emissões totais de GEEs na
 agropecuária: Índia versus Índia sintética

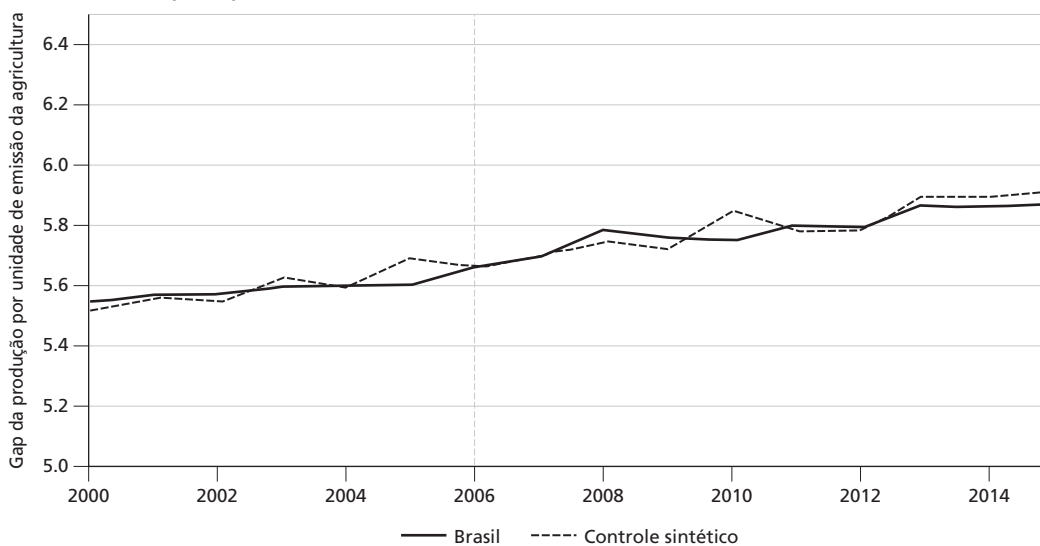


Elaboração dos autores.

O segundo teste de placebo foi o temporal. Foram realizados todos os procedimentos anteriores, mas atribuindo o tratamento em um período anterior ao que este realmente ocorreu. Em seguida, verificaram-se as trajetórias do controle sintético e da unidade tratada e se ambos seguiram o mesmo caminho além daquele ponto arbitrário no tempo. O resultado pode ser visto no gráfico 5. Não há nenhuma mudança na trajetória, e a mudança na tendência ainda ocorre após o último período pré-intervenção, como apresentado no gráfico 2.

GRÁFICO 5

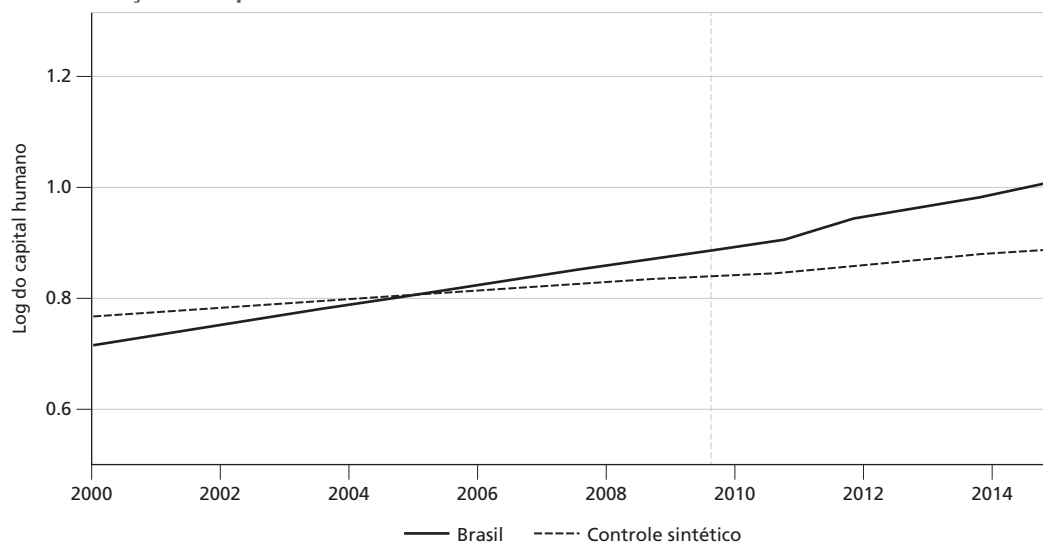
Estudo de placebo: evolução das emissões totais da agricultura – do Brasil e do controle sintético (2006)



Elaboração dos autores.

O terceiro teste busca identificar alguma relação da intervenção com alguma das covariadas utilizadas no modelo. Para tanto, escolheu-se a variável *loghc*, o logaritmo do capital humano. Esse teste corrobora na percepção do quão específico é o efeito da intervenção na variável de interesse. Para isso, escolhe-se outra variável utilizada no modelo que não tenha relação com a intervenção e observa-se o seu comportamento. O resultado está disponível no gráfico 6. Percebe-se que a evolução do nível de capital humano não se relaciona com o período de intervenção do programa, corroborando com a hipótese de que o efeito causal da intervenção só influencia na variável de interesse – produção por unidade de emissão.

GRÁFICO 6
Evolução do capital humano: do Brasil e do controle sintético



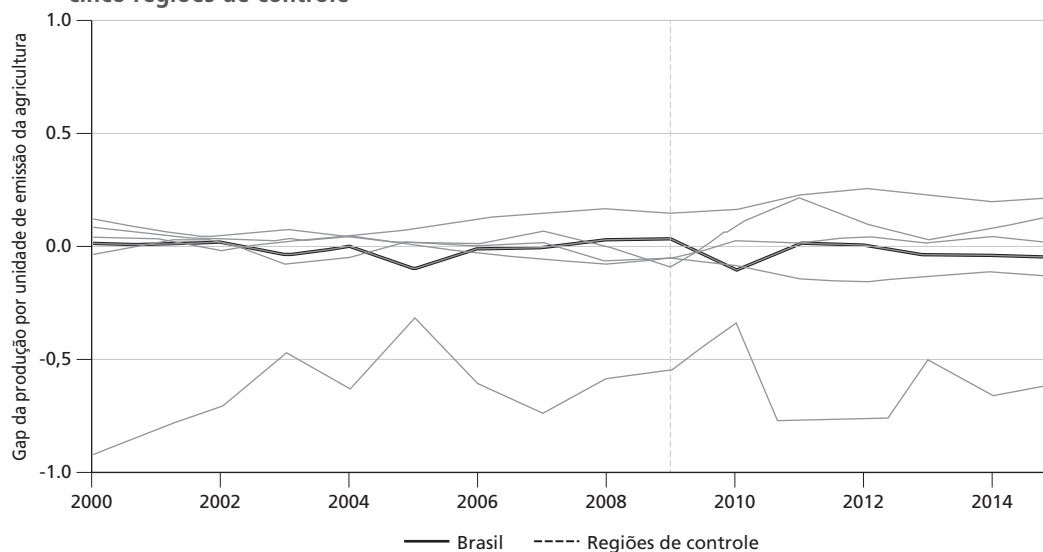
Elaboração dos autores.

Por fim, realiza-se o teste que expõe os outros países (excluem-se aqui os países com erro quadrado médio de previsão cinco vezes maior do que o Brasil) a uma falsa intervenção do Programa ABC, e, assim, mede-se a significância do resultado. Caso o resultado obtido seja ajustado aos apresentados pelo Brasil real, há evidências da relativa raridade do hiato obtido pós-tratamento, ou seja, os resultados deste estudo seriam significantes. Caso contrário, se o hiato for facilmente observado nos outros países, então os resultados obtidos no trabalho não se revelarão adequados.

O resultado pode ser observado no gráfico 7. Como é perceptível, as diferenças entre as dinâmicas de emissão de GEEs da agricultura no Brasil possuem uma evolução idiossincrática quando comparadas às dinâmicas de emissão dos demais países selecionados no período pós-intervenção. Esse conjunto de testes fortalece a capacidade com que a modelagem adotada consegue explicar os impactos do Programa ABC na produção por unidade de emissões totais de GEEs na agropecuária brasileira.

GRÁFICO 7

Teste de permutação: gap da produção por emissões totais da agricultura no Brasil e em cinco regiões de controle



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se avaliar o impacto do Programa ABC em uma situação em que há apenas um único tratado (o Brasil) e há dificuldades de se definirem critérios para a escolha de um contrafactual. Assim, trabalhou-se com o método de controle sintético, com o intuito de obter um grupo de controle (sintético) da produção por emissões de GEEs da agricultura brasileira. Considerou-se um grupo de cinco países, de forma a obter uma estimativa do impacto do Programa ABC sobre as emissões do setor agropecuário entre 2010 e 2015. Os resultados apontaram que o programa apresentou efeitos nulos no aumento da produção por emissões de GEEs total da agropecuária no período pós-intervenção.

Ainda que este trabalho sugira que o impacto da política seja limitado, esse resultado vai ao encontro de outros estudos que buscam o aperfeiçoamento do programa, apontando fortes e possíveis fontes de limitações do programa, as quais impactam nos seus resultados. Para uma ideia, têm-se: custos de aprendizado e de transição associados à adoção de novas práticas agrícolas, as quais são mais importantes para a decisão do produtor no uso da terra do que um crédito mais barato, o qual não pode ser negligenciado no corpo do programa.

Outro fator que influencia os resultados aquém dos esperados, além das barreiras econômicas citadas, são as questões burocráticas, que devem ser revistas. Mesmo com o pico de contratos do ano de 2014, cerca de 8.018 contratos, a dimensão do tratamento em um universo de mais de 5 milhões de estabelecimentos rurais é muito pequena. A expansão responsável do programa requer a avaliação de uma amostra aleatória, que não se concentre regionalmente, nem mesmo selecione grupos de produtores a serem tratados.

Vale salientar, ainda, que a metodologia de controle sintético apresenta limitações. A escassez de dados não permite uma avaliação mais acurada do programa, o que requer o uso da criação de um grupo de controle sintético de difícil comparação com o Brasil. Embora se tenham feito exaustivos testes de placebo, o controle sintético pode não ser considerado um contrafactual perfeito. A abrangência do programa é ainda limitada no contexto da população dos estabelecimentos agropecuários, além de direcionar crédito para regiões com o menor potencial de mitigação, concentrando em um número restrito de produtores.

Nesse sentido, deve-se ter cautela ao analisar os resultados apresentados. As iniciativas propostas pelo Programa ABC podem começar a dar resultados mais contundentes com o aprendizado dos produtores e com o aperfeiçoamento da política. É necessário expandir o programa, ampliando o escopo regional e o número de beneficiários. Para tanto, deve-se reduzir a burocracia, além de facilitar o acesso às informações e ao crédito, tanto dos agentes financeiros quanto dos produtores. Embora o impacto do programa seja nulo, não há dúvida de que muito pode se fazer para melhorar o escopo da intensificação da produção sustentável. Este estudo aprofunda o debate, trazendo à luz pontos que devem ser aprimorados na política. A superação dessas questões é fundamental para o aperfeiçoamento da política pública brasileira de mitigação das emissões de carbono na atmosfera.

REFERÊNCIAS

ABADIE, A.; DIAMOND, A.; HAINMUELLER, J. Synthetic control methods for comparative case studies: estimating the effect of California's tobacco control program. **Journal of the American Statistical Association**, v. 105, n. 490, p. 493-505, Jun. 2010.

_____. Comparative politics and the synthetic control method. **American Journal of Political Science**, v. 59, n. 2, p. 495-510, Feb. 2015.

ABADIE, A.; GARDEAZABAL, J. The economic costs of conflict: a case study of the basque country. **American Economic Review**, v. 93, n. 1, p. 113-132, Feb. 2003.

- ARAÚJO, J. A. Crédito rural: plano safra e o Pronaf. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R. (Org.). **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. Brasília: Ipea, 2019, p. 161-188.
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. D. O.; STONE, L. F. **Reference document: crop-livestock-forestry**. Brasília: Embrapa, 2011.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; MARTÍNEZ, G. B. Contribuições dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) para uma agricultura de baixa emissão de carbono. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, p. 1163-1175, 2011.
- BALBINO, L. C. *et al.* Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. IXII, out. 2011.
- BALBINO, L. C. *et al.* Sistemas de integração: o que são, suas vantagens e limitações. *In*: BUNGENTAB, D. J. (Orgs.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012, p. 11-18.
- BARRO, R. J.; LEE, J. W. A new data set of educational attainment in the world, 1950-2010. **Journal of Development Economics**, v. 104, p. 184-198, 2013.
- BOGAERTS, M. *et al.* Climate change mitigation through intensified pasture management: Estimating greenhouse gas emissions on cattle farms in the Brazilian Amazon. **Journal of Cleaner Production**, v. 162, p. 1539-1550, Sep. 2017.
- BRAGA, M. J.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; FREITAS, C. O. Impactos da extensão rural na renda produtiva. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R. (Org.). **Diagnósticos e desafios da agricultura brasileira**. Brasília: Ipea, 2019, p. 161-188.
- CASELLI, F. Accounting for cross-country income differences. **Handbook of Economic Growth**, v. 1, p. 679-741, 2005.
- CARAUTA, M. *et al.* Can preferential credit programs speed up the adoption of low-carbon agricultural systems in Mato Grosso, Brazil? Results from bioeconomic microsimulation. **Regional Environmental Change**, v. 18, n. 1, p. 117-128, Jan. 2018.
- CARVALHO, J. L. N. *et al.* Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 277-290, abr. 2010.
- CHIAVARI, J.; MENDES, C. **Legislação florestal e de uso da terra na comparação internacional**. Climate Policy Initiative (CPI); Núcleo de Avaliação de Políticas Climáticas da PUC-Rio (NAPC/PUC-Rio), 2017.
- COSTA JUNIOR, C. J. C. Impacto das variações no crédito rural e no investimento em pesquisa agrícola na produtividade da agricultura brasileira contemporânea. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 4, p. 551-564, out. 2018.

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

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. Production systems: an example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, p. 238-243, Feb. 2010.

FERREIRA FILHO, J. B. S.; RIBERA, L. A.; HORRIDGE, J. M. O controle do desflorestamento e a expansão da oferta agrícola no Brasil. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Orgs.) **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: Ipea, 2016, p. 367-380.

FGV – FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. **Observatório ABC**: impactos econômicos e ambientais do Plano ABC. São Paulo: FGV, 2017.

GASPARINI, L. V. L. *et al.* **Sistemas integrados de produção agropecuária e inovação em gestão**: estudos de casos no Mato Grosso. Brasília: Ipea, 2017. (Texto para Discussão, n. 2296).

GIANETTI, G. W. **O Plano e Programa ABC**: uma avaliação da execução e distribuição dos recursos. 2017. 124f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

GIL, J.; GARRETT, R.; BERGER, T. Determinants of crop-livestock integration in Brazil: Evidence from the household and regional levels. **Land Use Policy**, v. 59, p. 557-568, Dec. 2016.

GRILICHES, Z. Research expenditures, education, and the aggregate agricultural production function. **The American Economic Review**, v. 54, n. 6, p. 961-974, 1964.

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. **Censo Agropecuário**: séries temporais. Disponível em: <<https://is.gd/ZX8I8G>>. Acesso em: 7 jun. 2020.

LEAL, B. P. **Programa ABC**: uma análise para o período de 2011 a 2014. 2016. Dissertação (Mestrado) – Fundação Getulio Vargas, São Paulo, 2016.

LIELL, C. *et al.* Análise e avaliação da aplicação do Plano ABC no estado de Mato Grosso. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 9, n. 4, p. 83-104, set./dez. 2018.

OLIVEIRA SILVA, R. *et al.* Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil if decoupled from deforestation. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 5, p. 493-497, 2016.

PEREIRA, M *et al.* Beef cattle production in Brazilian integrated systems. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RESEARCH ON FOOD SECURITY, NATURAL RESOURCE MANAGEMENT AND RURAL DEVELOPMENT, 2018. Ghent: Ghent University, 2018.

ROCO, L. *et al.* The impact of climatic change adaptation on agricultural productivity in central Chile: a stochastic production frontier approach. **Sustainability**, v. 9, n. 9, p. 1648-1664, Sep. 2017.

SERRA, A. P. *et al.* **Fundamentos técnicos para implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto.** In: BUNGENSTAB, D. J. *et al.* (Orgs.). iLPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília: Embrapa, 2019, p. 347-365.

SILVA, F. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Crescimento agrícola, eficiência técnica e sustentabilidade ambiental.** Brasília: Ipea, 2019. (Texto para Discussão, n. 2445).

OLIVEIRA SILVA, R. *et al.* Modelagem de mudanças de uso da terra no Brasil: 2000-2050. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Orgs.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade.** Brasília: Ipea, 2016, p. 301-342.

TELLES, T. S.; RIGHETTO, A. J. Crescimento da agropecuária e sustentabilidade ambiental. In: VIEIRA FILHO, J. E. R. (Org.). **Diagnósticos e desafios da agricultura brasileira.** Brasília: Ipea, 2019.

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

VIEIRA FILHO, J. E. R. **Efeito poupa-terra e ganhos de produção no setor agropecuário brasileiro.** Brasília: Ipea, 2018. (Texto para Discussão, n. 2386).

WANDER, A. E.; TOMAZ, G. A.; PINTO, H. E. Uma avaliação formativa do Plano ABC. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 62-72, 2016.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Assessoria de Imprensa e Comunicação

EDITORIAL

Coordenação

Reginaldo da Silva Domingos

Assistente de Coordenação

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Supervisão

Camilla de Miranda Mariath Gomes

Everson da Silva Moura

Revisão

Ana Clara Escórcio Xavier

Clícia Silveira Rodrigues

Idalina Barbara de Castro

Olavo Mesquita de Carvalho

Regina Marta de Aguiar

Amanda Ramos Marques (estagiária)

Hellen Pereira de Oliveira Fonseca (estagiária)

Ingrid Verena Sampaio Cerqueira Sodré (estagiária)

Isabella Silva Queiroz da Cunha (estagiária)

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

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 DA
ECONOMIA



ISSN 1415-4765

