

**RenovaBio e as emissões por Mudanças de Uso da Terra nos municípios brasileiros
entre 2017 e 2023**

***RenovaBio and the Land Use Change emissions in brazilians municipalities between 2017
and 2023***

Lucas Tavares Freitas

Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, Brasil

Clarissa Figueiredo de Azevedo

Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, Brasil

Fernanda Josefina Silva de Sá

Agroícone. São Paulo, SP, Brasil

Cristiana Tristão Rodrigues

Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, Brasil

Ana Cecília de Almeida

Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, Brasil

GT 04 -Meio ambiente, agroecologia, sustentabilidade e mudanças climáticas

Resumo: A utilização de biocombustíveis na matriz energética é apontada como instrumento fundamental para a redução de emissões de GEE. Entretanto, uma redução real depende das emissões associadas à sua produção, como as provenientes das Mudanças no Uso da Terra (MUT). No Brasil, o RenovaBio busca promover a descarbonização da matriz energética por meio de metas de redução de emissões e da criação de um mercado de créditos de descarbonização (CBIOS). Este trabalho investiga se a associação ao RenovaBio promoveu alterações nas emissões provenientes de MUT nos municípios brasileiros entre 2016 e 2023. Para isso, utilizou-se um estimador de diferenças-em-diferenças com adoção escalonada, combinando dados de emissões e outras características municipais. Os resultados apontam para a ausência de efeitos significativos da política sobre as emissões associadas à MUT. Todavia, destaca-se que a baixa disponibilidade de dados sobre as origens das emissões dificulta a identificação de efeitos da política.

Palavras-chave: RenovaBio, emissões de GEE, diferenças-em-diferenças, mudanças de uso da terra, biocombustíveis.

Abstract: The use of biofuels in the energy matrix is often considered a key instrument for reducing GHG emissions. However, the effectiveness of this strategy depends on the emissions associated with their production, particularly those arising from Land Use Change (LUC). In Brazil, RenovaBio aims to promote the decarbonization of the energy matrix through emission reduction targets and the creation of a market for decarbonization credits (CBIOS). This study investigates whether participation in RenovaBio has led to changes in LUC emissions in Brazilian municipalities between 2016 and 2023. To this end, a difference-in-differences estimator with staggered adoption is employed, combining municipal-level data on emissions and other characteristics. The results indicate no statistically significant effects of the policy on emissions associated with land use change. However, the limited availability of data on the sources of emissions constrains the identification of potential policy effects.

Keywords: RenovaBio, GHG emissions, difference-in-difference, land use changes, biofuels.

1. Introdução

Evidências recentes apontam que as mudanças climáticas representam cada vez mais um risco sistêmico para a humanidade, afetando a saúde o bem-estar e a economia global (IPCC, 2022). Entre 1970 e 2021, a emissão média de gases do efeito estufa (GEE) seguiu crescendo entre as décadas, tendo como principais fontes de emissão o uso de combustíveis fósseis e as atividades industriais (Forsters *et al.*, 2023).

Diante desse cenário, a Organização das Nações Unidas (ONU) vem celebrando Conferências das Partes sobre Mudanças Climáticas (COP's), onde, sobretudo a partir Acordo de Paris, estabeleceu-se uma estrutura que permite aos países criarem suas próprias políticas nacionais de combate às mudanças climáticas, que podem ser então revistas e avaliadas internacionalmente com o tempo (Falkner, 2016).

A partir da adesão a esses acordos, em 2017 o Brasil formulou o RenovaBio, buscando aumentar o uso de biocombustíveis na matriz energética nacional. A política estabelece um sistema de metas anuais de descarbonização para o setor de combustíveis, e tenta atingi-las através da comercialização de Créditos de Descarbonização (CBIO's). Assim, produtores de combustíveis fósseis são obrigados a comprar CBIO's das empresas associadas ao RenovaBio, tornando o comércio a fonte de recursos para a descarbonização da matriz energética brasileira.

De toda forma, as emissões brasileiras apresentam um perfil destoante do padrão global. Dados do SEEG (Sistema de Estimativas e Remoções de Gases de Efeito Estufa) mostram que, em 2024, enquanto o setor de energia representava cerca de 20% das emissões totais do país, as Mudanças de Uso da Terra (MUT) correspondiam a mais de 40% das mesmas (SEEG, 2026). Sendo assim, faz-se necessário garantir que a redução das emissões no setor de energia provocadas pela mudança no tipo combustível, não sejam compensadas por um aumento nas emissões de MUT.

Frente a estas observações, esse trabalho propõe-se a avaliar o impacto do RenovaBio sobre as emissões relacionadas à MUT nos municípios brasileiros entre os anos de 2016 e 2023. Para isso será utilizado um método de diferenças em diferenças com adoção escalonada, onde será testada a hipótese de que municípios associados ao programa apresentaram uma elevação nas emissões associadas à MUT.

2. Revisão da Literatura

A utilização de biocombustíveis é apresentada como alternativa energética ao uso de combustíveis fósseis, entretanto a viabilidade dessa substituição depende da equivalência de emissões entre esses combustíveis, tanto na queima quanto em seus processos produtivos. Nesse sentido, a produção de etanol apresenta grandes quantidades de emissão de GEE ao longo de sua produção, como por exemplo nas etapas de transporte e no uso da terra associada à essa produção (Bartholomeu, Lopes e Yoshizaki, 2022; Maia e Bozelli, 2020).

Maia e Bozelli (2022) descreveram que da queima de combustíveis associadas aos estágios logísticos da produção de bioetanol, a maior parte concentra-se na primeira etapa, que corresponde ao consumo dos tratores empregados na produção da cana. A segunda e a terceira

etapas, que correspondem ao transporte da cana e do bioetanol, respectivamente, são etapas muito menos intensivas em emissões, quando comparadas à primeira.

Já Bartholomeu, Lopes e Yoshizaki (2020), se dedicaram ao estudo das emissões de GEE causadas pela MUT para a produção de biocombustíveis no Brasil. Como principal conclusão, os resultados apontaram que apenas de 10,4% até 17,9% do território brasileiro seria capaz de gerar insumos para a produção de etanol que, ao final, mitigasse emissões de GEE quando comparado à gasolina. Além disso, entre 66,1% e 53,6% do território até 2030, produziria o efeito contrário, gerando mais emissões pela MUT do que as que seriam geradas pelo consumo de combustíveis.

3. Metodologia

A metodologia utilizada conta com o modelo de *Difference-in-Difference* (DiD) com entrada escalonada proposto por Callaway e Sant'Anna (2021). Essa escolha se dá, pois, a política conta com ingressos e saídas do tratamento ao longo do tempo, o que viola os pressupostos do DiD tradicional, que assume grupo de controle constante e tratamento em um único período. Sendo assim, ao utilizar o método de Callaway e Sant'Anna (2021), garante-se que a base continua balanceada, mesmo quando uma unidade que fazia parte do grupo controle passe para o grupo tratado.

O período analisado compreendeu os anos entre 2017 e 2023, tendo como grupo controle municípios que nunca tiveram empresas associadas ao RenovaBio, e grupo tratado municípios com empresas associadas ao programa. Os dados utilizados, foram obtidos através do cruzamento de diversas bases com informações municipais. No Quadro 1, encontra-se descrito as variáveis utilizadas no modelo e suas respectivas fontes.

Quadro 1: Variáveis utilizadas para a análise

Variável	Tipo	Unidade de Medida	Fonte
EMIS	Dependente	LN das emissões de CO ₂ e por MUT em toneladas.	SEEG Municípios
VINB	Covariável	LN da quantidade de vínculos empregatícios no setor.	RAIS Microdados
PART	Covariável	Vínculos do setor / Total de vínculos.	RAIS Microdados
RENDA	Covariável	LN da média salarial do município.	RAIS Microdados
POP	Covariável	LN da população do município.	Estimativas Populacionais/IBGE
AREA	Covariável	Total da área do município em km ² .	Áreas Territoriais/ IBGE
TRAT	<i>Dummy</i>	Um para municípios associados ao RenovaBio, e zero para municípios não associados.	RenovaBio/ ANP
INGRES	Indicador de Coorte	Zero para municípios não associados ao RenovaBio e ano de ingresso para municípios associados.	RenovaBio/ ANP

Fonte: Elaborado pelos autores.

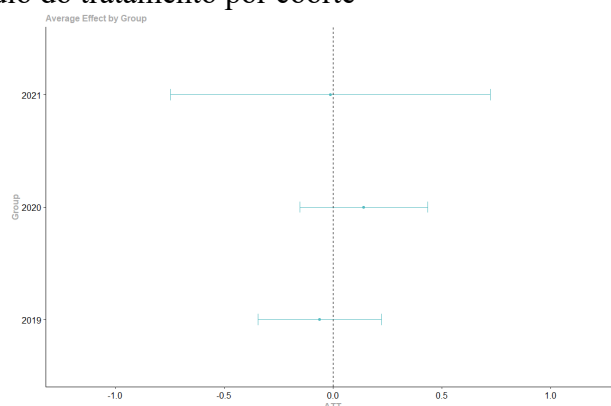
A base contou com um total de 1596 observações, após serem retirados dela quaisquer municípios que possuíssem observações de apenas um ou dois períodos.

4. Resultados

Os resultados encontrados mostram que o RenovaBio parece não ter tido impacto sobre as emissões provenientes das MUT. O primeiro modelo, sem as covariáveis, não violam a hipótese de tendências paralelas. Entretanto, a adição das covariáveis faz com que um dos grupos tratados, com início em 2021, apresentassem um período estatisticamente diferente de zero antes do tratamento. Portanto, foi necessário fazer uma análise conjunta dos grupos tratados para avaliar os efeitos médios do tratamento no modelo com a introdução das covariáveis.

Ao realizar o teste conjunto das coortes, remonta-se a presença de tendência paralela antes do tratamento, porém também se nota a ausência de efeitos após o tratamento. Esse resultado, visto na Imagem 1 mostra que os efeitos médios de tratamento foram estatisticamente iguais a zero. Isso significa que ter empresas associadas ao RenovaBio não gerou nenhuma mudança nas emissões de GEE associadas às MUT, fossem elas positivas ou negativas.

Imagem 1: Efeito médio do tratamento por coorte



Fonte: Elaborado pelos autores

5. Considerações finais

Os resultados encontrados apresentam uma profunda fragilidade ligada ao acesso aos dados, já que não é possível rastrear, através da base da SEEG, o quanto das emissões associadas à MUT do município estão ligadas ao RenovaBio. Essa fragilidade pode comprometer a confiabilidade do modelo e dos resultados encontrados, bem como ocultar eventuais melhoras ou piores no padrão de emissões como consequência da política.

Como sugestão para o melhoramento do trabalho, recomenda-se buscar fontes mais precisas, capazes de rastrear a origem dos insumos utilizados pelos produtores de biocombustíveis, tornando possível quantificar todas as emissões associadas à produção.

Referências

BARTHOLOMEU, D. B.; LOPES, C. J. R.; YOSHIZAKI, T. Y.; CO2 Emissions from Fuel Consumption in the Logistic Stages of the Brazilian Bioethanol Supply Chain. *Sustainability*, v. 12, n.23, 9979, 2020.

CALLAWAY, B.; SANT'ANNA, P. H. C. Difference-in-differences with multiple time periods. *Journal of Econometrics*, v. 225, n. 2, p. 200–230, 2021.

FALKNER, R. The Paris Agreement and the new logic of international climate politics. *International Affairs*, v. 92, n. 5, p. 1107-1125, 2016.

FOSTERS, P. M.; *et al.* Indicators of Global Climate Change 2022: annual update of large-scale indicators of the state of climate system and human influence. *Earth System Science Data*, v. 5, n. 6, p. 2295-2327, 2023.

MAIA, R. G. T.; BEZOLLI, H. The importance of GHG emissions from land use change for biofuels in Brazil: An assessment for current and 2030 scenarios. *Resources, Conservation & Recycling*, n. 179, 106131, 2022.

SEEG. Emissões de GEE (2024) Brasil. Disponível em:
<https://plataforma.seeg.eco.br/territorio/brasil>. Acesso em 29 mar. 2026.

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em 28 mar. 2026.