

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA TÉCNICA DA PRODUÇÃO DE ETANOL NO BRASIL ENTRE 2019 e 2022

TECHNICAL EFFICIENCY ANALYSIS OF BRAZILIAN ETHANOL PRODUCTION FROM 2019 TO 2022

Lucas Macario de Miranda Oliveira; Humberto Francisco Silva Spolador
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
lucas.macario@usp.br; hspolador@usp.br

**Grupo de Trabalho (GT): <<GT3. Evolução, estrutura, competitividade e dinâmica das
cadeias agroindustriais>>**

Resumo

Este trabalho analisou, por meio de modelo de fronteira estocástica, a eficiência técnica da produção de etanol de 18 estados do Brasil entre 2019 e 2022, utilizando a metodologia proposta por Kumbhakar et al. (2014). Os resultados indicaram eficiência técnica total média igual a 96,13%. Por outro lado, algumas unidades federativas apresentaram alguma redução de eficiência técnica durante o período. Ademais, a regressão indicou efeito positivo do processamento de biomassa e uso de trabalho na produção, embora o componente de tendência estimado tenha sido negativo.

Palavras-chave: Etanol; Produtividade; Eficiência; Cana-de-açúcar; Biocombustíveis.

Abstract

This study analyzed, using a stochastic frontier model, the technical efficiency of ethanol production in 18 Brazilian states between 2019 and 2022, using the methodology proposed by Kumbhakar et al. (2014). The results indicated an average total technical efficiency of 96.13%. On the other hand, some federative units showed some reduction in technical efficiency during the period. In addition, the regression indicated a positive effect of biomass processing and labor use in production, although the estimated trend component was negative.

Key words: Ethanol; Productivity; Efficiency; Sugar Cane; Biofuels.

1. Introdução

Com a crescente preocupação envolvendo mudanças climáticas, há cada vez mais a necessidade de buscar fontes alternativas de energia que possam ser substituídas dos combustíveis fósseis, como o petróleo, gás natural e carvão mineral. Neste contexto, tem sido incentivada a produção de etanol no Brasil, tanto para atingir as metas climáticas, quanto a redução da dependência externa para a elevação da renda em certas regiões (Gurgel, 2008).

Este trabalho teve como objetivo analisar a eficiência técnica da produção de etanol no Brasil por meio de um modelo de fronteira estocástica com dados em painel. Além disso, também buscou-se verificar quais foram os fatores que mais contribuíram para o crescimento da produção brasileira ao longo dos anos analisados.

2. Revisão de Literatura

Atualmente, 89% da produção nacional de etanol está concentrada nas regiões Sudeste e Centro-Oeste (Vidal, 2024). Esta segunda tem ganhado maior importância nos últimos anos em períodos de desvalorização internacional do preço do milho, que tem favorecido o direcionamento do bem para usos alternativos, possibilitando a redução da capacidade ociosa das usinas (RIBEIRO, 2023).

Quanto aos trabalhos que analisaram a eficiência técnica do setor por meio de modelos de fronteira estocástica, Marcos et al. (2016) calcularam a eficiência média para os municípios do estado de São Paulo na ordem de 75% na produção de cana-de-açúcar na safra 2007/08. Danelon (2018) analisou a produção de açúcar e etanol para usinas do Centro-Sul e Nordeste,

e estimou que a eficiência técnica era de 86% entre as safras de 2009/10 e 2016/17. Ademais, utilizando análise envoltória de dados, Xavier (2014) calcularam a eficiência técnica de usinas em 72%, na safra 2012/13.

3. Metodologia

A realização deste trabalho teve como base o modelo de fronteira estocástica de produção, onde o produto é explicado por seus fatores associados, além do termo de ineficiência. Tal metodologia permite averiguar o quão distante da capacidade máxima de produção determinada unidade produtiva está, além de observar o impacto que cada fator tem sobre o produto. O modelo foi proposto por Kumbhakar et al. (2014) nos seguintes termos:

$$Y_{it} = a + x'_{it}\beta + v_{it} - u_{it} + s_i - \eta_i, \quad i = 1, \dots, N \text{ e } t = 1, \dots, T \quad (1)$$

onde, Y_{it} representa o produto, a é um parâmetro de intercepto linear, x'_{it} é um vetor de insumos associado a seus respectivos coeficientes, v_{it} é um ruído regular do modelo, u_{it} representa a ineficiência transitória, η_i a ineficiência persistente, s_i refere-se à heterogeneidade da unidade i , ou seja, outros fatores, não associados ao tempo, que afetam a produção de i . Além disso, os subscritos i e t representam a unidade produtiva i no tempo t .

Para a realização desta pesquisa foram coletados dados de produção de etanol e processamento de matéria-prima oriundos da Agência Nacional do Petróleo, gás natural e biocombustíveis (ANP), agregados por ano, e o número de pessoas empregadas anualmente disponibilizados pela Relação Anual de Informações Sociais, RAIS (MTE, 2024), todos ao nível de unidade federativa entre os anos de 2019 a 2022. Assim sendo, o modelo final foi definido como:

$$\begin{aligned} \ln Produto_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \ln Labor_{it} + \beta_2 \ln Bag_{it} + \beta_3 \ln Cana_{it} + \beta_4 \ln Mel_{it} + \beta_5 \ln Milho_{it} \\ & + \beta_6 \ln Outras_{it} + \beta_7 t + v_{it} - u_{it} + s_i \\ & - \eta_i \end{aligned} \quad (3)$$

onde, o prefixo “ln” indica o logaritmo neperiano de cada variável. $Produto_{it}$ representa a produção total de etanol no estado i , $Labor_{it}$ representa o número de empregados no setor de fabricação de álcool no estado i , Bag_{it} , $Cana_{it}$, Mel_{it} , $Milho_{it}$ e $Outras_{it}$ representam, respectivamente, a quantidade de bagaço ou palha de cana, cana-de-açúcar, melaço, milho e outras fontes de biomassas utilizadas na produção de etanol, mensurado em metros cúbicos. O subscrito t representa o respectivo ano. Aqui, o componente de tendência também foi incluído como variável explicativa, mensurando da taxa de progresso técnico.

4. Resultados e Discussão

A tabela 1 apresenta os resultados estimados para o modelo empírico definido pela expressão (3):

Tabela 1 - Coeficientes da regressão

Variável	Coeficiente	Erro Padrão	Valor-t	p-valor
ln Labor	0.3036	0.1053	2.8826	0.0059
ln Bag	-0.0395	0.0105	-2.7224	0.0091
ln Cara	0.4531	0.1187	3.8171	0.0004
ln Mel	0.0128	0.0046	2.7501	0.0084
ln Milho	0.0064	0.0084	0.7634	0.4491
ln Outras	-0.0033	0.0051	0.6481	0.5201
Ano	-0.0119	0.0139	-0.8650	0.3969

Dados: ANP (2023) e RAIS (MTE, 2024). Elaborado pelo autor

Dentre os resultados, destaca-se o efeito estatisticamente significativo que o processamento de cana-de-açúcar teve sobre a produção, chegando inclusive ao valor estimado da elasticidade de 0,45. Outro fator importante na explicação da produção de etanol foi o fator trabalho. Além disso, também se destaca o efeito positivo que a maior parte das variáveis de biomassa processada apresentara.

Na tabela 2 estão apresentadas as eficiências médias mensuradas pelo modelo para cada Unidade Federativa ao longo dos anos de 2019 a 2022.

Tabela 2 - Eficiência Técnica total dos estados por ano

UF	2019	2020	2021	2022	Total Geral
AL	0,942689	0,960867	0,976160	0,962870	0,960647
BA	0,965690	0,956905	0,964346	0,967203	0,963536
ES	0,976098	0,943962	0,957211	0,964953	0,960556
GO	0,962641	0,967206	0,963933	0,961432	0,963803
MA	0,967159	0,968705	0,966140	0,948202	0,962552
MG	0,877722	0,956620	0,976103	0,978148	0,947149
MS	0,977993	0,956906	0,946254	0,958960	0,960028
MT	0,966412	0,962299	0,958787	0,967105	0,963651
PA	0,968786	0,966695	0,959106	0,958818	0,963351
PB	0,968774	0,968003	0,958936	0,957095	0,963202
PE	0,952790	0,951936	0,968293	0,973527	0,961637
PI	0,977695	0,955520	0,950376	0,958269	0,960465
PR	0,961583	0,969594	0,953663	0,967253	0,963023
RJ	0,952266	0,971137	0,964235	0,963679	0,962829
RN	0,972774	0,968101	0,959105	0,946928	0,961727
SE	0,971238	0,969983	0,958519	0,948643	0,962096
SP	0,961470	0,958894	0,960897	0,971433	0,963174
TO	0,940094	0,958666	0,970146	0,973418	0,960581
Total	0,959104	0,961778	0,961789	0,962663	0,961334

Fonte: ANP (2023) e RAIS (MTE, 2024). Elaborado pelo autor

Pode-se analisar estes dados através de três grupos de estados. Primeiro, aqueles que apresentaram consistência ao longo do tempo, como Sergipe, Mato Grosso e Goiás. Segundo,

os que incrementaram eficiência no quadriênio, como foi o caso de Minas Gerais. E, por fim, aqueles cuja produção está se distanciando da fronteira, como é o caso do Rio Grande do Norte.

5. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo fazer uma análise da fronteira estocástica na produção de etanol, buscando identificar como os fatores trabalho e biomassa processada afetaram o total de álcool produzido no Brasil durante o período de 2019 a 2022. Para isso, aplicou-se o modelo de Kumbhakar et al. (2014), buscando identificar a eficiência técnica de cada estado no período de 2019 a 2022.

Foi observado que durante o período, os dois fatores de produção mais importantes foram o número de trabalhadores empregados em cada estado no setor, além do processamento de cana-de-açúcar. Além disso, o processamento de outras biomassas também foram significativas. Ademais, o progresso técnico foi negativo durante o período.

Quanto à análise da eficiência técnica, foi observada uma tendência de crescimento da eficiência transitória, para o Brasil, quando utilizando o modelo de Kumbhakar et al. (2014). Alternativamente, alguns estados como Rio Grande do Norte, Sergipe e Mato Grosso do Sul apresentaram queda na eficiência, cujos determinantes podem ser estudados em pesquisas futuras.

Para trabalhos futuros, recomenda-se testar outros modelos que possam analisar com maior profundidade a relação entre produção de etanol de segunda geração e eficiência técnica. Também se abre a perspectiva de se observar como a regularização do mercado de carbono pode afetar este setor.

6. Referências

- DANELON, André Felipe. **Determinantes da eficiência técnica na agroindústria sucroenergética brasileira: uma abordagem por fronteira estocástica**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo.
- GURGEL, A. C. Biocombustíveis: Solução ou problema? In: COELHO, A. B; TEIXEIRA, E. C; BRAGA, M. J. Recursos Naturais e Crescimento Econômico. Viçosa, Minas Gerais: Departamento de Economia Rural, 2008. p.407-434.
- KUMBHAKAR, Subal C.; LIEN, Gudbrand; HARDAKER, J. Brian. **Technical efficiency in competing panel data models: a study of Norwegian grain farming**. Journal of Productivity Analysis, v. 41, p. 321-337, 2014.
- RIBEIRO, Laura Márcia Lima. **Etanol de milho: Processo produtivo e contexto atual do mesmo no Brasil**. 2023.
- RODRIGUES, Marcos et al. **Eficiência Técnica Do Setor Canavieiro Do Estado De São Paulo (Technical Efficiency in Sugarcane Production in the State of São Paulo)**. In: Atas Proceedings, VIII Congresso da APDEA e o II Encontro Lusófono em Economia, Sociologia, Ambiente e Desenvolvimento Rural, ESADR. 2016.
- VIDAL, Maria de Fátima. **Agroindústria: Etanol**. 2024.
- XAVIER, Carlos Eduardo Osório. **Análise da eficiência do setor sucroenergético brasileiro**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.