

Ramon L. A. Vasconcelos¹ORCID: [0009-0003-5738-2783](https://orcid.org/0009-0003-5738-2783)**Antônio M. de S. Uchôa Jr.²**ORCID: [0009-0006-3920-2138](https://orcid.org/0009-0006-3920-2138)**Edward Martins Costa³**ORCID: [0000-0002-9187-8534](https://orcid.org/0000-0002-9187-8534)**Ahmad Saeed Khan⁴**ORCID: [0000-0002-9341-7803](https://orcid.org/0000-0002-9341-7803)**Guilherme Irffi⁵**ORCID: [0000-0002-3558-7628](https://orcid.org/0000-0002-3558-7628)

¹ Doutorando em Economia Rural
pela Universidade Federal do Ceará
(UFC)

ramonlucas.av@gmail.com

² Doutorando em Economia Rural
(UFC)

maurosu@live.com

³ Doutor em Economia pela
Universidade Federal de
Pernambuco
(UFPE)

Professor
(UFC)

edwardcosta@ufc.br

⁴ Doutor em Economia Agrícola e
Recursos Naturais pela Oregon
State University
Professor
(UFC)

saeed@ufc.br

⁵ Doutor em Economia
(UFC)

Professor
(UFC)

irffi@caen.ufc.br

Recebido em: 21/08/2024

Aceito em: 10/03/2025

INTENSIDADE DE PARTICIPAÇÃO E EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS ESTABELECIMENTOS DE AGRICULTURA FAMILIAR NO BRASIL

RESUMO

O Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) é uma política pública de grande importância para o setor, oferecendo crédito rural, assistência técnica, seguro agrícola e incentivos à agroindustrialização e à comercialização dos produtos da agricultura familiar. No entanto, ainda há dúvidas sobre o impacto do Pronaf na eficiência técnica dos estabelecimentos de agricultura familiar. Assim, este estudo tem como objetivo analisar a intensidade com que a participação dos estabelecimentos de agricultura familiar nas linhas de crédito Pronaf B e Pronaf V impactam em suas eficiências técnicas. A análise foi realizada por meio de um modelo de fronteira estocástica e de dose resposta. Foram comparadas as características de eficiência técnica entre os não-pronafianos, os beneficiados pelo Pronaf B e Pronaf V. Os resultados do estudo mostram que aumento na adesão ao Pronaf B diminui a eficiência técnica dos estabelecimentos quando a proporção supera 0,2, comportamento oposto a esse ocorrendo com a linha V do programa, que ao nível de 80% de adesão leva os estabelecimentos a alcançarem 92% de eficiência técnica.

Palavras-chave: Pronaf; Eficiência técnica; Agricultura familiar; Análise de dose resposta

ABSTRACT

The National Program for Strengthening Family Farming is a public policy of great importance to the sector, offering rural credit, technical assistance, agricultural insurance, and incentives for agroindustrialization and marketing of family farming products. However, there are still doubts about the impact of Pronaf on the technical efficiency of family farming establishments. Therefore, this study aims to analyze the intensity with which the participation of family farming establishments in the Pronaf B and Pronaf V credit lines impacts their technical efficiency. The analysis was performed using a stochastic frontier and dose-response model. The technical efficiency characteristics of non-PRONAF members, those benefiting from Pronaf B and Pronaf V were compared. The results of the study show that an increase in participation in Pronaf B reduces the technical efficiency of establishments when the ratio exceeds 0.2, a behavior opposite to that occurring with line V of the program, which at a level of 80% participation leads establishments to reach 92% technical efficiency.

Keywords: Pronaf; Technical efficiency; Family farming; Dose response analysis

Código JEL: C01, O13, Q18

INTRODUÇÃO

O importante papel das políticas públicas na sociedade se evidencia ao enfrentar questões sociais, promover o bem-estar e lidar com vulnerabilidades. De maneira particular, políticas direcionadas para a agricultura familiar buscam fortalecer esse setor por meio de diversas iniciativas, como subsídios e suporte técnico. Entretanto, no âmbito nacional, as políticas agrícolas historicamente favoreceram grandes produtores, priorizando a produção de *commodities*. Contudo, a partir da década de 1980, transformações no cenário histórico e demandas sociais levaram a uma reorientação, resultando em políticas específicas para a agricultura familiar a partir dos anos 1990 (Schneider, 2010; Cunha; Freitas; Salgado, 2017; Ipolito, 2023).

Nesse contexto, o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), criado em 1995, busca fortalecer a agricultura familiar, promover a segurança alimentar e contribuir para a redução da pobreza no campo. Para isto, oferta crédito rural, assistência técnica, seguro agrícola e incentivos à agroindustrialização e à comercialização dos produtos da agricultura familiar. (Schneider, 2010; Cunha; Freitas; Salgado, 2017; Ipolito, 2023).

Para facilitar o acesso ao crédito e adequar as condições de financiamento às características e necessidades dos agricultores familiares, o Pronaf foi estruturado em diferentes grupos (a saber: A, A/C, B, C, D e V), que levam em conta a renda bruta familiar, o tipo de atividade e o grau de vulnerabilidade social dos beneficiários. O grupo B, por exemplo, é composto por agricultores familiares com renda bruta familiar de até R\$ 23 mil, os quais podem acessar o crédito rural para investimentos produtivos; enquanto o grupo V é formado por agricultores familiares com renda bruta familiar acima de R\$ 46 mil, mas que desenvolvem atividades agrícolas de forma predominante, que podem acessar o crédito rural para custeio e investimento (Machado *et al.*, 2019; Alves, 2022).

Nesse sentido, é necessário analisar o impacto do Pronaf na eficiência técnica dos estabelecimentos de agricultura familiar, conceituada como a capacidade de produzir o máximo possível com os recursos disponíveis. Estudos anteriores têm mostrado que o Pronaf pode ter um impacto positivo na eficiência técnica dos estabelecimentos de agricultura familiar (Martins, Alencar e Mendonça, 2006; Sobreira *et al.*, 2021). No entanto, outros estudos têm mostrado resultados mais modestos (Lima, 2012; Viana, Diniz e Velloso, 2012; Cruz, 2023). Assim, ainda há incertezas sobre o impacto do Pronaf na eficiência técnica dos estabelecimentos de agricultura familiar.

Portanto, este estudo tem como objetivo analisar a intensidade com que a participação dos estabelecimentos de agricultura familiar nas linhas de crédito Pronaf B e Pronaf V impactam em suas eficiências técnicas, onde será analisado por meio de um modelo de fronteira estocástica e uma análise de dose resposta. A eficiência técnica é uma medida que compara a produção efetiva de um estabelecimento com a produção potencial que poderia ser obtida com os mesmos recursos, considerando a melhor prática observada na amostra. A análise da intensidade, a dose resposta é uma metodologia que permite estimar o efeito causal de um tratamento contínuo sobre um resultado de interesse, levando em conta a heterogeneidade dos indivíduos e a possibilidade de seleção endógena. A análise dos dados foi realizada a partir de três grupos distintos: Pronaf B, Pronaf V e não-pronafianos. Esses grupos representam diferentes níveis de acesso ao crédito rural e de tecnologia na atividade rural.

Desse modo, o trabalho busca contribuir com a literatura ao fazer uso da dose resposta para aprimorar o entendimento do impacto do Pronaf na eficiência técnica dos estabelecimentos de

agricultura familiar. Além disso, os resultados deste estudo também podem auxiliar no monitoramento das políticas públicas voltadas ao desenvolvimento da agricultura familiar.

Além desta introdução, este artigo possui mais quatro seções. Na segunda, é realizada uma revisão da literatura sobre o Pronaf, destacando os principais estudos sobre o impacto do programa na eficiência técnica dos estabelecimentos de agricultura familiar. A terceira seção do artigo apresenta a metodologia utilizada no estudo, baseada na análise da dose-resposta, que consiste em comparar a eficiência técnica dos estabelecimentos de agricultura familiar beneficiários do Pronaf B e Pronaf V com a eficiência técnica dos estabelecimentos não beneficiários. A quarta seção do artigo apresenta os resultados do estudo. Por fim, na quinta seção são tecidas as conclusões.

REVISÃO DA LITERATURA

Pronaf

A agricultura familiar é vital para a economia brasileira, representando 50% da produção de alimentos em 2022, com 80% da mão de obra agrícola (Fernandes, 2013). Apesar de sua importância, enfrenta desafios como baixa produtividade e dificuldade de acesso ao crédito.

Criado em 1995, o Pronaf visa apoiar a agricultura familiar e reduzir a pobreza rural, oferecendo linhas de crédito com juros subsidiados e condições favoráveis (Fernandes, 2013). Estudos apontam que, entre 1996 e 2002, o Pronaf aumentou em 15% a produtividade e em 20% a renda dos agricultores familiares (Abramovay e Veiga, 2004). Entretanto, desafios como a concentração regional, inadimplência e complexidade do programa persistem (Almeida, 2021; Corrêa e Silva, 2023).

Revisões sistemáticas indicam que o Pronaf promoveu o desenvolvimento da agricultura familiar, com impactos positivos na produtividade, renda e sustentabilidade ambiental (Vieira, Silva e Silva, 2022). Além disso, incentivou a diversificação produtiva, especialmente em regiões menos favorecidas (Siqueira, Alves e Alves, 2023). No entanto, é essencial uma avaliação contínua do programa para aprimorar sua eficiência e efetividade.

Pronaf B

O Pronaf B, voltado para agricultores familiares de baixa renda, visa apoiar a produção, comercialização e diversificação agrícola, aumentando a renda e segurança alimentar (Alves, 2022). Destinado a agricultores com renda bruta familiar de até R\$ 23 mil, essa sublinha oferece condições favoráveis de crédito (Alves, 2022). Os requisitos podem ser vistos no Quadro 1.

Estudos demonstram o impacto positivo do Pronaf B, como o aumento de 29,3% na renda dos agricultores do Sudeste (Oliveira e Vieira Filho, 2021) e a maior adoção de tecnologias agrícolas em Sergipe (Carvalho e Costa, 2021). Contudo, o programa enfrenta desafios, como a dificuldade de acesso ao crédito e inadimplência, exigindo aprimoramentos para melhor atender às necessidades dos agricultores.

Quadro 1: Requisitos do Pronaf B

Requisitos Pronaf B	Descrição
Atividade Rural	A atividade rural deve ser a principal fonte de renda da família
Renda Bruta Familiar	Financiamento a agricultores e produtores rurais familiares (pessoas físicas) que tenham obtido renda bruta familiar de até R\$ 23 mil, nos 12 meses de produção normal que antecederam a solicitação da Declaração de Aptidão ao PRONAF (DAP).
Unidade Familiar de Produção	A unidade familiar de produção deve ser composta por pessoas que vivem e trabalham na mesma propriedade rural ou em local próximo.
Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP)	A DAP é um documento emitido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que comprova o enquadramento do agricultor familiar no programa.

Fonte: elaborado pelos autores com base nas informações do BNDES.

Pronaf V

No Quadro 2, são apresentados os requisitos do Pronaf V, criado para atender agricultores com maior capacidade de investimento, oferece crédito com condições diferenciadas, essenciais para apoiar tecnologias avançadas e infraestrutura (Machado *et al.*, 2019). Neves e Silva (2022) destacam a disparidade regional na participação dos agricultores em cooperativas, com menor adesão no Nordeste.

Quadro 2: Requisitos do Pronaf V

Requisitos Pronaf V	Descrição
Atividade Rural	A atividade rural deve ser a principal fonte de renda da família
Renda Bruta Familiar	Financiamento a agricultores e produtores rurais familiares que tenham obtido renda bruta familiar de até R\$ 500 mil, nos 12 meses de produção normal que antecederam a solicitação da Declaração de Aptidão ao PRONAF (DAP).
Unidade Familiar de Produção	A unidade familiar de produção deve ser composta por pessoa que vivem e trabalham na mesma propriedade rural ou em local próximo.
Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP)	A DAP é um documento emitido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que comprova o enquadramento do agricultor familiar no programa.

Fonte: elaborado pelos autores com base nas informações do BNDES.

Os bancos comerciais são a principal fonte de financiamento do Pronaf V, com as cooperativas desempenhando um papel secundário (Carvalho, 2022). A criação do Pronaf V reflete a necessidade de atender às demandas específicas dos agricultores familiares mais capitalizados, promovendo a competitividade e a modernização do setor.

Eficiência Técnica e Pronaf

Diversos estudos apontam que o Pronaf contribui para a eficiência técnica da agricultura familiar, embora os resultados variem conforme a metodologia e a região estudada. Martins, Alencar e Mendonça (2006) associam o acesso ao crédito Pronaf ao aumento da eficiência produtiva e adoção de novas tecnologias. Viana, Diniz e Velloso (2012) também demonstram que o crédito rural e a extensão rural aumentam a eficiência técnica, com a extensão rural tendo um impacto mais significativo.

Entretanto, Sobreira *et al.* (2021) sugerem que regiões com maior acesso ao crédito rural apresentam maior eficiência técnica, mas níveis tecnológicos inferiores, destacando a complexidade dessa relação. Costa, Vizcaiano e Costa (2020) ressaltam o papel das cooperativas em melhorar a eficiência técnica, especialmente em municípios com maior uso do Pronaf B. Cruz (2023) sugere que o crédito do Pronaf B pode estar sendo usado de forma ineficiente, não resultando em melhoria significativa da eficiência técnica.

Portanto, embora o Pronaf tenha um impacto positivo na eficiência técnica, esse efeito não é garantido e depende de vários fatores, como a linha de crédito utilizada e o perfil dos agricultores.

METODOLOGIA

Base de dados

Os dados utilizados consistem em informações de estabelecimentos de agricultura familiar para os municípios brasileiros, divididos em três grupos distintos, denominados como não-pronafianos, Pronaf B e Pronaf V. Para este estudo, é importante salientar que, dado o desenho amostral do Censo Agropecuário, os grupos apresentados são considerados como grupos potenciais de acesso às categorias do Pronaf, ou seja, os não-pronafianos são um grupo de agricultores familiares que não participam do Pronaf por algum fator (como por exemplo: falta de informação do Programa, não compõem o intervalo das linhas de crédito ou por algum outro motivo). Assim, foram utilizadas informações fornecidas pelo Censo Agropecuário 2017, obtidas junto ao Instituto de Geografia e Estatística – IBGE, que disponibiliza as informações dos estabelecimentos de forma desagregada por grupo (não pronafiano, Pronaf B e V) e por município.

Após realizar o filtro para os dados municipais nas três tipologias, foi necessário excluir da amostra valores inexistentes, seguindo metodologia análoga à empregada por Santos e Braga (2013) e por Cruz (2023), assim como as capitais dos estados brasileiros. Também foram excluídos da amostra os municípios que apresentaram valores nulos para todas as variáveis utilizadas no trabalho, incluindo o Valor Bruto de Produção (VBP), pois municípios com essas características não se encontravam aptos para a aplicação da metodologia de Fronteira Estocástica. Para a Fronteira Estocástica, também foram incluídas variáveis climáticas, que foram disponibilizadas pelo Terrestrial Hydrology Research Group (THRG), que correspondem à média no período 1980-2016, sendo elas desagregadas em duas estações a partir dos dados mensais: verão (dezembro a fevereiro) e inverno (junho a agosto), seguindo o

cálculo realizado em Sheffield et al. (2006). Uma vez que foram utilizados dois métodos econométricos distintos, as variáveis empregadas em cada método e suas respectivas descrições e funções encontram-se no Quadro 3.

Quadro 3: Descrição das variáveis utilizadas

Fronteira Estocástica		
Variável	Descrição	Função
Valor Bruto de Produção	Valor bruto produzido pelo estabelecimento de agricultura familiar em 2017.	Variável dependente
Área	Tamanho da área do estabelecimento de agricultura familiar (hectares).	Covariada de eficiência
Capital	Número de maquinários do estabelecimento de agricultura familiar.	
Despesa	Valor das despesas com adubos, corretivos, agrotóxicos, sementes, mudas, medicamentos para animais, sal e rações e outros suplementos.	
Pessoal ocupado	Número de trabalhadores no estabelecimento de agricultura familiar.	
Associado	Número de estabelecimentos de agricultura familiar o que são associados à cooperativas.	Covariada de ineficiência
Prática	Número de estabelecimentos de agricultura familiar que adotam práticas agrícolas.	
Assistência técnica	Número de estabelecimentos de agricultura familiar que declararam ter recebido assistência técnica.	
Irrigação	Número de estabelecimentos de agricultura familiar com uso de irrigação.	
Média de Precipitação no Verão	Média de precipitação dos meses de Dezembro a Fevereiro.	
Média de Precipitação no Inverno	Média de precipitação dos meses de Junho a Agosto.	
Média de Temperatura no Verão	Média de temperatura dos meses de Dezembro a Fevereiro.	
Média de Temperatura no Inverno	Média de temperatura dos meses de Junho a Agosto.	

Continua (...)

Quadro 3: Descrição das variáveis utilizadas (continuação)

Dose Resposta		
Variável	Descrição	Função
Índice	Proporção de estabelecimentos de agricultura familiar que fazem parte do grupo não pronafiano, Pronaf B e Pronaf V.	Variável dose
Eficiência Técnica	Eficiência técnica dos estabelecimentos de agricultura familiar, encontrada através da Fronteira Estocástica.	Variável resposta
Energia	Número de estabelecimentos de agricultura familiar que possuem energia elétrica.	Covariadas
Associado	Número de estabelecimentos de agricultura familiar o que são associados à cooperativas.	
Prática	Número de estabelecimentos de agricultura familiar que adotam práticas agrícolas.	
Irrigação	Número de estabelecimentos de agricultura familiar com uso de irrigação.	
Homens	Número de estabelecimentos de agricultura familiar cujo chefe da casa é homem.	
Idade 25-35	Número de estabelecimentos de agricultura familiar em que a classe de idade do produtor está entre 25 e 35 anos de idade.	
Idade 35-45	Número de estabelecimentos de agricultura familiar em que a classe de idade do produtor está entre 35 e 45 anos de idade.	
Idade 45-55	Número de estabelecimentos de agricultura familiar em que a classe de idade do produtor está entre 45 e 55 anos de idade.	
Idade 55-65	Número de estabelecimentos de agricultura familiar em que a classe de idade do produtor está entre 55 e 65 anos de idade.	
Idade 65-75	Número de estabelecimentos de agricultura familiar em que a classe de idade do produtor está entre 65 e 75 anos de idade.	
Idade 75+	Número de estabelecimentos de agricultura familiar em que a classe de idade do produtor é superior a 75 anos de idade.	
Analfabeto	Número de estabelecimentos de agricultura familiar com agricultores que nunca frequentaram a escola.	
Elementar	Número de estabelecimentos de agricultura familiar com agricultores com ensino elementar completo.	
Ensino médio	Número de estabelecimentos de agricultura familiar com agricultores com ensino médio completo.	
Ensino superior	Número de estabelecimentos de agricultura familiar com agricultores com ensino superior completo.	

Fonte: elaborado pelos autores.

Como mencionado acima, foram utilizados três grupos diferentes para a análise, assim sendo, as estimações foram aplicadas para cada um dos grupos mencionados para que haja uma comparação de comportamento entre eles. A seguir, serão apresentados os métodos econométricos empregados.

Fronteira Estocástica

Para estimar a eficiência de produção dos estabelecimentos de agricultura familiar, utilizou-se a Fronteira Estocástica como abordagem metodológica. A escolha desse modelo decorre de sua capacidade em lidar eficientemente com a variabilidade inerente aos processos agrícolas, considerando as incertezas e as condições estocásticas que podem influenciar a produção.

A Fronteira Estocástica é uma extensão do modelo de Fronteira de Produção Determinística, incorporando a aleatoriedade inerente às variáveis econômicas, climáticas e tecnológicas que afetam a produção agrícola. Isso torna o modelo mais robusto ao lidar com a natureza imprevisível e dinâmica do ambiente agrícola, proporcionando uma avaliação mais realista da eficiência (Souza; Gomes; Gazzola, 2010). A agricultura familiar, por natureza, está sujeita a uma série de fatores que variam ao longo do tempo e que podem ser difíceis de serem completamente modelados de maneira determinística. As incertezas climáticas, flutuações nos preços dos insumos e produtos, além de fatores socioeconômicos, são exemplos de variáveis que contribuem para a volatilidade do ambiente agrícola.

Seguindo metodologia similar à adotada pelo trabalho de Luna *et al.* (2022), no contexto do modelo de fronteira estocástica, a fronteira não possui natureza determinística. Diferentemente dos métodos não paramétricos, a estimação desse modelo leva em consideração a decomposição do termo de erro em duas partes: a primeira parte, que quantifica a ineficiência técnica e está restrita a fatores endógenos; a segunda parte, que mensura os erros aleatórios ou exógenos, como secas, êxodo rural, pragas, mudanças na legislação, entre outros. Assim, essa abordagem busca se aproximar da realidade, onde erros aleatórios são mais frequentemente observados.

Assim, ao adotar uma abordagem estocástica, é possível capturar a variabilidade desses fatores, proporcionando uma análise mais abrangente e realista da eficiência de produção. Isso é particularmente relevante para a agricultura familiar, onde a capacidade de adaptação às mudanças e a resiliência diante de condições adversas são aspectos fundamentais. Assim sendo, a Fronteira Estocástica é formulada considerando a maximização da função de produção sujeita a restrições estocásticas. A função de produção estocástica é expressa como:

$$Y_i = f(X_i; \beta) \cdot tN(v_i - u_i) \quad (1)$$

em que: Y_i refere-se à produção dos estabelecimentos de agricultura familiar do município i , X_i corresponde ao vetor de covariadas do modelo, β são os parâmetros estimados e as variáveis v_i e u_i são variáveis aleatórias, assumindo distribuição normal truncada para os termos de ineficiência.

A maximização da produção é sujeita a condições estocásticas, representadas por v_i e u_i , que capturam a incerteza inerente ao processo de produção. A estimação dos parâmetros β é realizada por meio de técnicas estatísticas, como a Máxima Verossimilhança, permitindo a obtenção de uma Fronteira Estocástica que reflete a eficiência de produção considerando a variabilidade presente no ambiente agrícola.

Essa formulação permite uma análise precisa e adaptável da eficiência de produção, considerando as condições estocásticas que caracterizam a agricultura familiar no Brasil, diferenciando-se de abordagens determinísticas que podem subestimar a complexidade do processo produtivo.

Método Dose Resposta

Para compreender a relação entre a participação das diferentes tipologias (não-pronafiano, Pronaf B e Pronaf V) na eficiência técnica dos estabelecimentos de agricultura familiar, foi utilizada a metodologia de dose-resposta. Esta abordagem permite mensurar como as diferentes intensidades dos tratamentos impactam na eficiência técnica, enquanto são controladas variáveis associadas à gestão agrícola e socioeconômica dos estabelecimentos de agricultura familiar na amostra.

De acordo com a estrutura delineada por Hirano e Imbens (2004), considera-se uma amostra composta por $i = 1, \dots, N$ municípios, em que, para cada i , há um conjunto de resultados potenciais $Y(t)$, sendo t o nível de tratamento com $t \in T_i$. Portanto a função dose-resposta média é definida como:

$$u(t) = E[Y(t)], \text{ para todo } t > 0 \quad (2)$$

em que: $E[Y(t)]$ é a resposta potencial (nesse caso, a eficiência técnica), dado a proporção de estabelecimentos de agricultura familiar beneficiados pelo Pronaf. Para cada município i , estará atrelado um vetor de covariadas (X), incluídas na mensuração do Escore de Propensão Generalizado (EPG), que é obtido por:

$$EPG = \text{epg}(T, X) \quad (3)$$

Assim, para obter a função dose-resposta média para um determinado nível de tratamento $u(t)$ é dada por:

$$\beta(t, \text{epg}) = E[Y|T = t, EPG = \text{epg}] \quad (4)$$

$$u(t) = E[\beta(t, \text{epg}(t, X))] \quad (5)$$

Conforme Hirano e Imbens (2004), a aplicação do Escore de Propensão Generalizado passa por três etapas. Inicialmente, realiza-se uma estimação por máxima verossimilhança, assumindo a hipótese de normalidade para a distribuição do tratamento. Na segunda fase, após a verificação de equilíbrio, calcula-se a expectativa condicional de Y_i , dado o nível de tratamento T_i e o EPG_i , por meio de uma abordagem quadrática. Por último, utilizando os parâmetros obtidos na fase anterior, realiza-se a estimação da função média de resposta à dose no nível de tratamento t .

Bia e Mattei (2008), por sua vez, desenvolveram uma abordagem que combina o escore de propensão com ajuste direto de covariadas, que será a utilizada no presente estudo. Para tanto, primeiro estima-se o escore de propensão generalizado, depois são utilizadas técnicas de pareamento para balancear as covariáveis e finalmente aplica-se a regressão paramétrica para estimar o Dose Resposta ajustado. Ao integrar essas adaptações adicionais, essa metodologia busca lidar melhor com complexidades nas relações entre covariáveis e tratamento.

Portanto, a metodologia de dose-resposta oferece uma estrutura analítica robusta para explorar o efeito gradativo da exposição aos diferentes grupos de agricultura familiar na eficiência técnica. Ao incluir covariadas no modelo, pode-se controlar fatores externos que

também influenciam a eficiência, garantindo uma análise mais precisa do impacto específico da participação nas tipologias do Pronaf analisadas neste estudo.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Análise utilizando Fronteira Estocástica

Para este estudo, é importante realizar um teste de robustez, que tem como objetivo verificar se os três grupos são afetados pelas variáveis de ineficiência escolhidas para o modelo. Esse teste é conhecido como Teste de Razão de Verossimilhança Generalizada, cuja hipótese nula indica que apenas as variáveis da equação de produção afetam a variável dependente, enquanto a hipótese alternativa indica que tanto a equação de produção quanto os fatores explicativos de ineficiência afetam a variável dependente. É importante que os resultados obtidos por esse teste converjam para os resultados alcançados pela Fronteira Estocástica. Assim sendo, as conclusões do teste de robustez encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Teste de Razão de Verossimilhança Generalizada

Linha de crédito	Ho		Ha		LR	Resultado
	gl	LL	gl	LL		
Pronaf B	7	-486,54	7	-469,91	33,26	Rejeita-se Ho
Pronaf V	7	378,48	7	464,17	171,38	Rejeita-se Ho
Não Pronafiano	7	-325,51	7	-307,42	36,18	Rejeita-se Ho

Fonte: elaborado pelos autores.

Assim, dado que as hipóteses nulas foram rejeitadas para os três grupos, suas variáveis dependentes são afetadas por fatores de ineficiência. Portanto, há elementos no processo produtivo dos estabelecimentos de agricultura familiar que podem contribuir para uma utilização subótima dos insumos utilizados. Esses resultados podem ser comprovados nas Tabelas 2, 3 e 4 que contêm os resultados obtidos pela Fronteira Estocástica.

Para o grupo dos não-pronafianos, a soma dos parâmetros associados aos fatores de produção, utilizados na estimação da fronteira, foi menor que um, sugerindo retornos decrescentes à escala na função de produção estimada. Esta constatação indica que a produção aumenta a uma taxa menor do que proporcional ao aumento dos insumos, ou seja, quando os insumos são duplicados, a produção não duplica na mesma proporção. Esses resultados apontam para a presença de algum fator de produção que impõe uma barreira ao crescimento dos estabelecimentos analisados, limitando a eficiência com que os recursos são utilizados na produção. Nesse mesmo sentido, o estudo conduzido por Alves (2006) identificou retornos decrescentes à escala ao estimar a função de produção para a agricultura familiar brasileira.

Quanto aos fatores de produção, apenas as variáveis despesa e pessoal ocupado mostraram-se significativas, enquanto área e capital não alcançaram significância estatística. Portanto, os estabelecimentos demonstraram uma relação positiva e estatisticamente significativa entre as despesas com insumos e o pessoal ocupado no valor bruto da produção. Isso sugere que maiores gastos com insumos estão associados a um maior retorno produtivo, indicando que o uso intensivo de insumos resulta em aumento da produção.

Tabela 2: Estimativas da fronteira de produção para os agricultores familiares não pronafianos

Equação de Produção				
Variáveis	Coeficiente	Erro-Padrão	Z	P valor
Constante	7,6983	0,333	23,1144	0,0000*
lnÁrea	0,0146	0,0347	0,632	0,6736
lnCapital	0,0289	0,0458	0,632	0,5273
lnDespesas	0,1416	0,0305	4,6443	0,0000*
lnP.Ocupado	0,3104	0,0478	6,4947	0,0000*
Fatores explicativos para a ineficiência				
Variáveis	Coeficiente	Erro-Padrão	Z	P valor
Associado	0,0112	0,0056	1,999	0,0456*
Prática Agrícola	0,0198	0,007	2,8184	0,0048*
Assistência Técnica	-0,0544	0,0075	-7,1923	0,0000*
Irrigação	0,0000	0,0051	0,0144	0,9885
Média Precipitação Verão	0,0017	0,0005	3,1902	0,0014*
Média Precipitação Inverno	0,0004	0,0007	0,641	0,5215
Média Temperatura Verão	0,0732	0,0158	4,6092	0,0000*
Média Temperatura Inverno	-0,03	0,0164	-1,8254	0,0679
Sigma ²	0,1644	0,0099	16,4648	0,0000*
Gamma	0,3837	0,083	4,1699	0,0000*

Nota: * Significante a 5%.

Fonte: elaborado pelos autores.

Em relação aos fatores explicativos para a ineficiência, além dos fatores constantes, as variáveis, associado, prática agrícola, média de precipitação no verão e média de temperatura no verão apresentaram significância e efeito positivo, enquanto a variável assistência técnica mostrou significância e efeito negativo. Portanto, de acordo com o sinal do coeficiente, as variáveis associadas, prática agrícola, média de precipitação no verão e média de temperatura no verão estão positivamente relacionadas à ineficiência nos estabelecimentos, enquanto a assistência técnica contribui para a diminuição da ineficiência da produção. Por outro lado, as variáveis irrigação, média de precipitação no inverno e média de temperatura no inverno não foram estatisticamente significativas, indicando a ausência de impacto dessas variáveis sobre a ineficiência da produção.

Para os estabelecimentos beneficiados pelo Pronaf B, todos os fatores de produção considerados foram estatisticamente significativos e com impacto positivo sobre o valor bruto da produção. O impacto positivo das despesas e do pessoal ocupado na produção, indica que o uso intensivo de insumo proporciona o aumento da produção. Além disso, observa-se que o fator trabalho (pessoal ocupado) tem o maior efeito sobre a produção, ou seja, o aumento em 1% desse fator tende a aumentar em 0,70% o valor da produção. Alguns estudos, como Fornazier e Vieira Filho (2012) e Alves e Souza (2015), apontam o trabalho como um dos principais fatores determinantes da produção agrícola, identificando altas elasticidades.

Tabela 3: Estimativas da fronteira de produção para os agricultores familiares beneficiados pelo Pronaf B

Equação de Produção				
Variáveis	Coefficiente	Erro-Padrão	Z	P valor
Constante	1,8062	0,0651	27,7144	0,0000*
lnÁrea	0,0721	0,0113	6,3687	0,0000*
lnCapital	-0,0190	0,0069	-2,7526	0,0059*
lnDespesas	0,1507	0,0141	10,6534	0,0000*
lnP.Ocupado	0,7043	0,0161	43,6363	0,0000*
Fatores explicativos para a ineficiência				
Variáveis	Coefficiente	Erro-Padrão	Z	P valor
Associado	0,0000	0,0000	1,9238	0,0543
Prática Agrícola	0,0000	0,0000	-0,6255	0,5316
Assistência Técnica	0,0000	0,0000	0,2418	0,8089
Irrigação	-0,0002	0,0000	-4,0273	0,0000*
Média Precipitação Verão	-0,0018	0,0001	-11,3497	0,0000*
Média Precipitação Inverno	-0,0021	0,0002	-9,464	0,0000*
Média Temperatura Verão	0,0019	0,0047	0,4071	0,6839
Média Temperatura Inverno	0,0385	0,0049	7,757	0,0000*
Sigma ²	0,0966	0,0049	19,3429	0,0000*
Gamma	0,7333	0,049	14,9513	0,0000*

Nota: * Significante a 5%.

Fonte: elaborado pelos autores.

Ainda na Tabela 3, observa-se que a variável despesas representa um importante impacto na produção, apresentando a segunda maior elasticidade entre os fatores de produção. Isso evidencia uma alta dependência por uma ampla gama de insumos agrícolas, como adubos, fertilizantes corretivos, defensivos agrícolas, sementes, mudas, rações, inseticidas, fungicidas, herbicidas, fertilizantes foliares, inoculantes biológicos e outros aditivos. Os resultados revelam que um aumento de 1% nas despesas com insumos resulta em um aumento de 0,15% no valor bruto da produção. Silva (1996) destaca a importância da utilização correta das proporções de insumos para aumentar a eficiência dos produtores.

No que se refere ao coeficiente associado ao fator área (terra), o aumento de 1% nesta variável resulta em uma elevação de apenas 0,07% no valor bruto da produção, demonstrando que, entre as variáveis consideradas, ela possui baixo impacto sobre o valor da produção. O estudo conduzido por Freitas (2014) constatou que a concepção de que os menores estabelecimentos são mais produtivos só se verificava quando a terra era o único fator considerado na análise da produtividade, uma condição que não se aplica à agricultura familiar devido ao seu limite máximo de tamanho de propriedade. Uma pesquisa complementar conduzida por De Freitas et al. (2019) aprofundou essa investigação, observando que os produtores mais eficientes apresentavam uma relação menos evidente entre o tamanho da propriedade e a produtividade, sugerindo uma menor dependência do fator terra.

A variável capital apresentou um efeito negativo sobre a produção, indicando que um aumento de 1% nessa variável resulta em uma redução de 0,019% na produção. Esse impacto negativo pode estar relacionado ao perfil dos beneficiários do Pronaf B, que são agricultores

familiares de baixa renda, com renda bruta familiar anual de até R\$ 50 mil. Quanto aos coeficientes associados às variáveis que captam a ineficiência técnica no modelo, observou-se que além dos fatores constantes, as variáveis irrigação, média de precipitação no verão e no inverno, e média de temperatura no inverno afetam a ineficiência da produção. As demais variáveis, como associação, prática agrícola, assistência técnica e média de temperatura no verão, não foram estatisticamente significativas, indicando a ausência de impacto dessas variáveis sobre a ineficiência da produção.

Tabela 4: Estimativas da fronteira de produção para os agricultores familiares beneficiados pelo Pronaf V

Equação de Produção				
Variáveis	Coeficiente	Erro-Padrão	Z	P valor
Constante	3,3158	0,0711	46,6189	0,0000*
lnÁrea	0,0602	0,0088	6,8433	0,0000*
lnCapital	0,0673	0,0056	11,8334	0,0000*
lnDespesas	0,3039	0,0083	36,2746	0,0000*
lnP.Ocupado	0,4904	0,0105	46,6304	0,0000*
Fatores explicativos para a ineficiência				
Variáveis	Coeficiente	Erro-Padrão	Z	P valor
Associado	-0,0008	0,0003	-2,1165	0,0343*
Prática Agrícola	-0,0003	0,0003	-1,1121	0,266
Assistência Técnica	-0,0007	0,0002	-2,8554	0,0042*
Irrigação	0,0002	0,0003	0,5104	0,6098
Média Precipitação Verão	-0,0015	0,0002	-5,9533	0,0000*
Média Precipitação Inverno	-0,0017	0,0004	-3,9535	0,0000*
Média Temperatura Verão	0,0019	0,0095	0,2035	0,8373
Média Temperatura Inverno	0,0288	0,0095	3,0229	0,0025*
Sigma ²	0,0637	0,0054	11,601	0,0000*
Gamma	0,6343	0,0374	16,929	0,0000*

Nota: * Significante a 5%.

Fonte: elaborado pelos autores.

Para o grupo dos estabelecimentos beneficiados pelo Pronaf V (Tabela 4), todos os fatores de produção considerados foram estatisticamente significativos e com efeito positivo sobre o valor bruto da produção. É importante destacar, que dentro daqueles agricultores familiares essa tipologia é a que apresenta maior renda. Assim como para o grupo pronafiano B, observa-se que o fator trabalho (pessoal ocupado) tem o maior efeito sobre a produção, ou seja, o aumento em 1% desse fator tende a aumentar em 0,49% o valor da produção. Este resultado corrobora o que foi apresentado por Vieira Filho (2012) e Alves e Souza (2015), os quais destacaram o trabalho como um dos principais impulsionadores da produção agrícola, identificando altas elasticidades.

Ainda na Tabela 4, nota-se que a variável despesas tem a segunda maior elasticidade entre os fatores de produção, o que indica a dependência por insumos agrícolas, como adubos, fertilizantes corretivos, defensivos agrícolas, sementes, mudas e outros suplementos. Os resultados revelam que um aumento de 1% nas despesas com insumos resulta em um aumento de 0,30% no valor bruto da produção.

No que se refere ao coeficiente associado ao fator área (terra), o aumento de 1% nesta variável resulta em uma elevação de apenas 0,060% no valor bruto da produção. Desse modo, entre as variáveis consideradas, é a que possui menor impacto sobre o valor da produção. Quanto à variável capital, ela apresentou um efeito positivo sobre a produção. Um aumento de 1% nesta variável resulta em uma elevação de 0,067% na produção. Observa-se que o fator capital demonstrou um impacto maior sobre o grupo de pronafianos V em relação ao grupo pronafiano B. Isso pode estar relacionado a diversos fatores, como o nível de renda, o acesso ao capital, a diversificação das atividades e o acesso a tecnologias, que diferem entre esses grupos.

Sobre os coeficientes associados às variáveis que captam a ineficiência técnica no modelo, além dos fatores constantes, as variáveis assistência técnica, média de precipitação no verão e média de precipitação no inverno apresentaram significância e efeito negativo, enquanto a variável média de temperatura no inverno mostrou significância e efeito positivo. Portanto, de acordo com o sinal do coeficiente, a média de temperatura no inverno está positivamente associada à ineficiência nos estabelecimentos, enquanto a assistência técnica e a média de precipitação no verão e no inverno levam a uma diminuição da ineficiência da produção. Esse resultado corrobora os achados de Da Silva Souza, Gomes e Gazzola (2021), que, após analisarem uma função de produção, concluíram que receber assistência técnica impacta positivamente a produção de orgânicos. As variáveis: prática agrícola, irrigação e média de temperatura no verão não foram estatisticamente significativas, indicando a ausência de impacto dessas variáveis sobre a ineficiência da produção.

A partir desses resultados, foram obtidos os escores de eficiência técnica dos estabelecimentos de agricultura familiar para cada tipologia. Suas estatísticas descritivas são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5: Estatísticas Descritivas da Eficiência Técnica dos Agricultores Familiares

Grupo	Observações	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo
Não Pronafiano	540	0,3928	0,2042	0,1557	0,9878
Pronaf B	1870	0,6381	0,165	0,1683	0,9546
Pronaf V	2205	0,8614	0,1143	0,3494	0,9937

Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

O grupo de não-pronafianos apresentou média de eficiência técnica baixa comparativamente aos demais grupos. É importante apontar que os resultados para os não-pronafianos são atribuídos, em parte, à predominância de observações fornecidas pelo IBGE que não continham informações relacionadas às variáveis, tanto para a equação de produção quanto para os fatores de ineficiência. Isso resultou em um número significativamente inferior de observações em comparação com os outros dois grupos. A exclusão dessas observações sem informações da amostra pode ter impactado o desempenho na eficiência técnica do grupo, sugerindo a necessidade de considerações adicionais ao interpretar esses resultados.

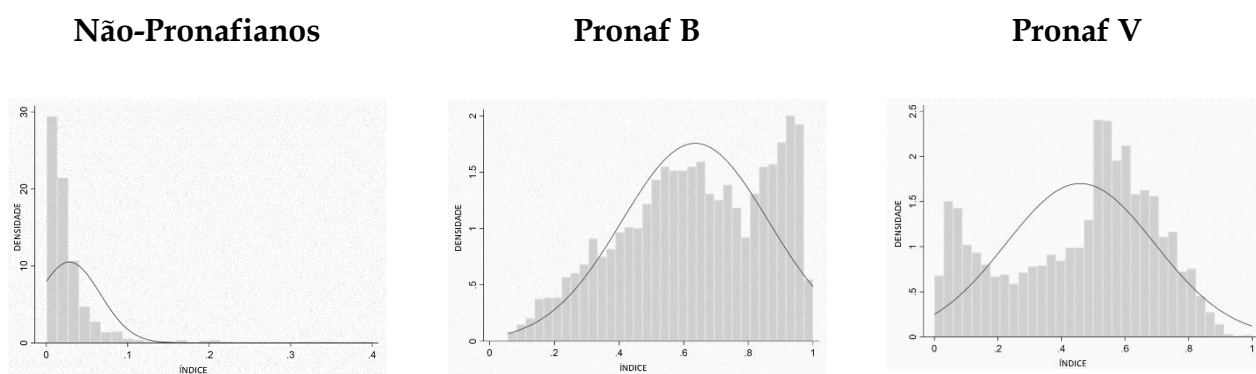
No que diz respeito ao grupo beneficiado pelo Pronaf B, os valores de mínimo e máximo revelam uma notável desigualdade entre os estabelecimentos. A média, por sua vez, indica que há espaço para melhorias em termos de eficiência técnica. Essa situação é compreensível, dado que este grupo consiste em estabelecimentos de menor renda. Já o Pronaf V apresentou uma média elevada, evidenciando que em média seus estabelecimentos são mais eficientes,

além disso, seu menor desvio padrão e distanciamento entre os pontos de mínimo e máximo quando comparados aos estabelecimentos beneficiados pelo Pronaf B indica que a distribuição de eficiência técnica é mais homogênea.

Dose Resposta

Encontradas as eficiências técnicas para cada grupo, elas corresponderão à variável de resultado do modelo de Dose Resposta. Já para a dose, utiliza-se um índice que corresponde à proporção dos estabelecimentos de agricultura familiar que fazem parte do grupo não-pronafiano, Pronaf B e Pronaf V, seguindo a metodologia proposta por Bia e Mattei (2008). Pode-se observar melhor a distribuição dessas proporções pelos histogramas que seguem adiante na Figuras 1.

Figura 1: Histogramas do índice referente aos estabelecimentos pertencentes ao grupo dos não-pronafianos, Pronaf B e Pronaf V, respectivamente – 2017



Fonte: elaborado pelos autores (2024), com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

Para o grupo não-pronafiano, observa-se que existe uma alta frequência da amostra entre 0 e 0.1, ou seja, a maior parte dos municípios possuem poucos ou nenhum estabelecimento que não é beneficiado pelo Pronaf, o que mostra a abrangência do programa. Para os estabelecimentos beneficiados pelo Pronaf B e V, a distribuição é mais harmônica, porém para o Pronaf B, a maior concentração está entre 0.8 e 1, enquanto para o Pronaf V a maior frequência é entre 0.6 e 0.8. Esse resultado corrobora o apontado por Cruz (2023), que, ao estudar o Pronaf, observou uma distribuição não homogênea no universo da agricultura familiar.

Entender a distribuição dos estabelecimentos ao longo dos municípios brasileiros é importante tanto para compreender a cobertura do Programa do Governo Federal que está sendo analisado, quanto para entender melhor a variável que está sendo utilizada para avaliar a intensidade do impacto do programa sobre a eficiência dos estabelecimentos beneficiados.

Para realizar a estimação econométrica do Escore de Propensão Generalizado e captar o efeito da proporção dos estabelecimentos de agricultura familiar que são beneficiados pelo Pronaf na eficiência técnica deles, foi realizada uma série de distribuições de intervalos de tratamento.

Assim sendo, a amostra foi repartida nos percentis 0 a 0,25; 0,25 a 0,50; 0,50 a 0,90 e valores acima de 0,90.

A avaliação do EPG se desdobra em três etapas. Na primeira, são calculados os escores de propensão, que serão empregados na avaliação do efeito dose-resposta. A Tabela 6 a seguir ilustra a mensuração das variáveis de controle para os três grupos distintos, obtidas no cálculo do escore de propensão, conforme delineado na subseção 3.3. No entanto, essas estimativas não podem ser interpretadas diretamente por meio de seus efeitos marginais, sendo necessário examinar o sinal desses parâmetros para avaliar a contribuição das variáveis de controle na propensão dos estabelecimentos a se caracterizarem com potenciais grupos do Pronaf.

Avaliando grupo a grupo, observa-se que, para os não-pronafianos, a variável ensino superior está afetando negativamente a propensão desses indivíduos de pertencerem a esse grupo. Por outro lado, as variáveis energia elétrica, ser associado a cooperativas, possuir práticas agrícolas, possuir sistema de irrigação, o chefe de família ser homem, ter intervalo de idade de 25 a 35 anos, 35 a 45 anos, 45 a 55 anos, 55 a 65 anos, 65 a 75 anos e superior a 75 anos, ser analfabeto, e possuir ensino elementar e médio completo não foram significativas. Além disso, a baixa frequência de não-pronafianos ao longo dos municípios brasileiros representa um desafio para analisar seus parâmetros, podendo significar até mesmo que esses estabelecimentos não estão informados sobre os benefícios do Pronaf.

Já para os estabelecimentos beneficiados pelo Pronaf B, ser analfabeto, possuir ensino médio completo e estar nos intervalos de idade de 35 a 45 anos, 45 a 55 anos, 55 a 65 anos e acima de 75 anos influenciam positivamente na busca pelo Pronaf. Em contrapartida, possuir energia elétrica, ensino elementar e superior completo afetam negativamente. Isso demonstra que esse grupo possui características de estabelecimentos em desenvolvimento, uma vez que o Pronaf B é direcionado a agricultores de baixa renda anual. Características como ser analfabeto acabam por afetar positivamente a adesão ao programa. Vale destacar que esse resultado também corrobora o encontrado por Cruz (2023), que aponta que os analfabetos são majoritariamente representados pelos elegíveis ao Pronaf B.

Quanto às variáveis possuir energia elétrica e ensino elementar completo se mostraram negativas, podendo sinalizar que estabelecimentos mais desenvolvidos não se encontram nesse grupo de interesse, podendo fazer parte dos que aderem ao Pronaf V. Ademais, as variáveis ser associado a cooperativas, possuir práticas agrícolas, possuir sistema de irrigação, o chefe de família ser homem, e estar nos intervalos de idade de 25 a 35 anos e de 65 a 75 anos não foram significativas.

Finalmente, para os estabelecimentos beneficiados pelo Pronaf V, possuir energia elétrica e ensino médio completo influencia positivamente a propensão a buscar os benefícios do programa. Em contrapartida, possuir sistema de irrigação, estar nos intervalos de idade de 25 a 35 anos, 35 a 45 anos, 45 a 55 anos, 65 a 75 anos e acima de 75 anos, assim como ser analfabeto, diminui a probabilidade de buscar os benefícios do Pronaf V.

As variáveis que representam possuir práticas agrícolas, ser associado a cooperativas, o chefe de família ser homem, estar no intervalo de idade de 55 a 65 anos, e possuir ensino elementar e superior completo não se mostraram significativas. Diferentemente daqueles beneficiados pelo Pronaf B, possuir energia elétrica afeta positivamente a adesão ao programa, enquanto ser analfabeto se mostrou negativo, indicando que estabelecimentos com essa característica não são o público-alvo para essa linha de crédito.

Tabela 6: Resultados da primeira etapa do EPG

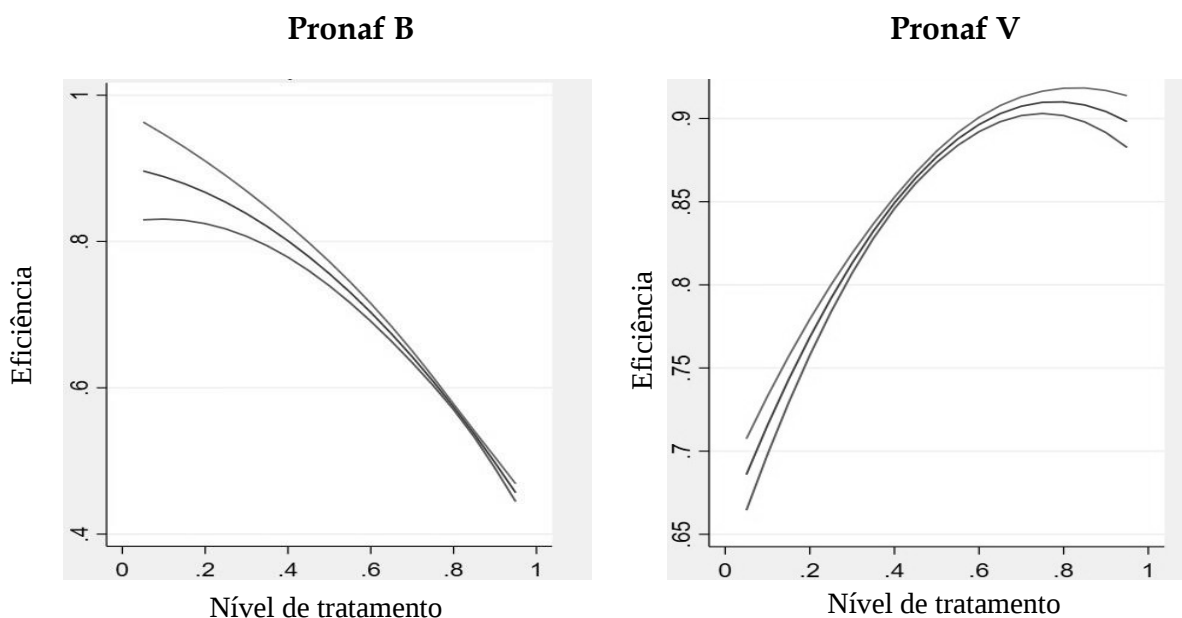
Não-Pronafiano					Pronaf B				Pronaf V			
Covariadas	Coeficientes	Erro Padrão	Z	P-Valor	Coeficientes	Erro Padrão	Z	P-Valor	Coeficientes	Erro Padrão	Z	P-Valor
Energia	0,0581	0,0998	0,58	0,56	-0,0104	0,0033	-3,16	0,00	0,0160	0,0047	3,41	0,00
Associado	-0,0081	0,0065	-1,25	0,21	0,0001	0,0002	0,72	0,47	0,0003	0,0003	1,37	0,17
Prática agrícola	0,0001	0,0049	0,03	0,98	0,0002	0,0001	1,72	0,09	0,0002	0,0002	0,92	0,36
Irrigação	-0,0070	0,0075	-0,93	0,35	-0,0002	0,0002	-0,91	0,37	-0,0008	0,0002	-4,83	0,00
Homens	0,0457	0,0254	1,80	0,07	-0,0008	0,0004	-1,74	0,08	-0,0008	0,0010	-0,76	0,45
Idade25-35	-0,0364	0,1047	-0,35	0,73	0,0090	0,0049	1,82	0,07	-0,0137	0,0061	-2,24	0,03
Idade35-45	-0,0725	0,1044	-0,69	0,49	0,0125	0,0034	3,68	0,00	-0,0211	0,0053	-3,95	0,00
Idade45-55	-0,0725	0,1002	-0,72	0,47	0,0129	0,0033	3,96	0,00	-0,0148	0,0047	-3,12	0,00
Idade55-65	-0,0766	0,1003	-0,76	0,45	0,0123	0,0034	3,60	0,00	-0,0091	0,0049	-1,85	0,06
Idade65-75	-0,0392	0,1058	-0,37	0,71	0,0058	0,0035	1,65	0,10	-0,0124	0,0051	-2,46	0,01
Idade75+	-0,0733	0,1089	-0,67	0,50	0,0190	0,0034	5,59	0,00	-0,0252	0,0055	-4,57	0,00
Analfabeto	-0,0808	0,0640	-1,26	0,21	0,0027	0,0004	6,16	0,00	-0,0098	0,0022	-4,44	0,00
Elementar	-0,0063	0,0073	-0,86	0,39	-0,0013	0,0002	-5,51	0,00	0,0000	0,0004	-0,11	0,91
Médio	-0,0031	0,0192	-0,16	0,87	0,0036	0,0009	3,92	0,00	0,0025	0,0012	2,16	0,03
Superior	-0,0778	0,0234	-3,33	0,00	-0,0096	0,0021	-4,55	0,00	0,0032	0,0019	1,71	0,09
Constante	-3,9078	0,0565	-69,17	0,00	0,1242	0,0338	3,67	0,00	-0,3068	0,0317	-9,69	0,00

Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

É importante destacar que para a análise gráfica, o método de Dose Resposta considera a dosagem como proporção de municípios beneficiados pelo programa em cada um dos gráficos apontados na Figura 2. Assim, para níveis iniciais de tratamento, nos municípios com proporção entre 0,1 e 0,2 de beneficiados com Pronaf B a eficiência se manteve estável, atingindo 90%, com queda a partir de então, que se tornou ainda mais acentuada, até atingir 75% de eficiência quando a proporção se aproxima de 1. Ou seja, quando são considerados os grupos de beneficiados pelo Pronaf B e não beneficiados pelo Pronaf B, à medida que a dose aumenta, a eficiência técnica desses estabelecimentos reduz.

Seguindo de forma similar para o Pronaf V, temos que na proporção de 0,1 os estabelecimentos possuem eficiência de aproximadamente 80%, a partir de então eles se tornam mais eficientes quando a proporção de pronafianos V aumenta até atingir o pico de 92% com 0,8 de proporção de beneficiados por essa linha de crédito. Desse momento em diante ocorre uma leve queda, com os estabelecimentos chegando a 91% de eficiência quando a proporção se aproxima de 1. Logo, quando se considera grupos de beneficiados pelo Pronaf V e não beneficiados pelo Pronaf V, à medida que a dose aumenta, a eficiência desses estabelecimentos cresce para aproximadamente 92% em 0,8 de proporção.

Figura 2: Dose Resposta estimada para a proporção de estabelecimentos de agricultura familiar beneficiados, Pronaf B e Pronaf V



Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados do Censo Agropecuário 2017.

Uma das explicações para esses resultados é de que, como visto nos histogramas da Figura 1, a proporção de estabelecimentos não-pronafianos varia entre 0 e 0,1 nos municípios analisados, razão essa pela qual não foi possível projetar os efeitos do aumento de não-pronafianos e o impacto disso na eficiência técnica dos estabelecimentos. Dessa forma, quando é utilizado o método de Dose Resposta e são analisadas as dosagens de beneficiados pelo Pronaf B e não beneficiados pelo Pronaf B, a maior parte do grupo “não beneficiado pelo Pronaf B” será

composto por beneficiados pelo Pronaf V, e vice-versa, fazendo assim com que a análise de Dose Resposta seja uma troca de dosagem entre os dois programas e como a eficiência dos estabelecimentos se comporta com essas alterações.

Logo, a medida em que a proporção de pronafianos V aumenta em detrimento de beneficiados pelo Pronaf B, a eficiência técnica dos estabelecimentos aumenta, por boa parte da proporção, fato esse já evidenciado nos resultados encontrados pela Tabela 5, de que em média os beneficiados pelo Pronaf V são mais eficientes do que os pela linha B. Resultado esse que também é corroborado pelos achados de Del Grossi *et al.* (2019) e Cruz (2023).

CONCLUSÃO

Este artigo teve como objetivo analisar o Pronaf, programa do governo criado em 1995 com o intuito de fortalecer os estabelecimentos de agricultura familiar do país, investigando se uma maior intensidade de participação no programa refletiria em maiores taxas de eficiência técnica nos estabelecimentos beneficiados.

Na formação da Fronteira Estocástica, foi possível detectar que os estabelecimentos beneficiados pelo Pronaf B possuíram um maior número de variáveis relevantes para a produção comparativamente aos não-pronafianos, além de ser associado impactar positivamente em sua eficiência técnica, ao contrário do grupo pregresso que não teve fatores de ineficiência significativos, com exceção da constante. Já os estabelecimentos que aderiram ao Pronaf V, além de todas as variáveis impactarem positivamente na produção, como na linha B, também tiveram como significantes a assistência técnica e a irrigação para a sua eficiência técnica.

Em relação à eficiência técnica, os beneficiados pelo Pronaf B apresentaram uma baixa média em seus índices, além de alta variabilidade, mostrando que uma parcela desse grupo ainda não utiliza os recursos de forma satisfatória, enquanto uma outra parcela do mesmo grupo apresenta altas taxas de eficiência, expondo os altos níveis de desigualdade entre esses estabelecimentos. Já o grupo do Pronaf V apresentou uma média superior com menor desvio padrão comparado ao Pronaf B, mostrando que é um grupo mais eficiente e com menor variabilidade de desempenho entre si.

Sobre a incidência do tratamento na eficiência, o grupo Pronaf B mostrou que características como energia elétrica impactaram negativamente na aderência do programa, enquanto analfabetismo e ensino médio afetaram positivamente, já ensino elementar e superior negativamente, mostrando que esse é um grupo de estabelecimentos misto, mas dificilmente composto por produtores de alta escolaridade. Já para o Pronaf V, energia elétrica teve comportamento oposto à linha B, ser analfabeto afetou negativamente a aderência ao programa, enquanto ensino médio completo contribui para a adesão, demonstrando características de estabelecimentos de maior renda.

Em termos de intensidade da potencial adesão ao programa e eficiência técnica, os municípios com adesão em até 20% no Pronaf B mantém sua eficiência, porém, à medida que essa proporção aumenta além desse ponto, os níveis de eficiência técnica dos estabelecimentos caem. Já para o grupo representado pelo Pronaf V, ocorre efeito inverso, quando sua proporção aumenta, a eficiência também aumenta, até atingir seu pico em 92% com 0,8 de proporção, com leve queda a partir desse ponto de adesão dos beneficiados.

Esse artigo buscou inovar a literatura sobre os estudos de impacto do Pronaf ao analisar os efeitos da intensidade da potencial adesão ao programa nos escores de eficiência técnica dos

estabelecimentos de agricultura familiar. No entanto, existem limitações nesta análise, principalmente na comparação entre os grupos de beneficiados e os não-pronafianos, uma vez que as informações disponíveis para alguns desses estabelecimentos são difíceis de serem obtidas, tornando esse grupo de difícil análise e comparação. Além disso, a baixa proporção de não-pronafianos afetou os resultados da análise de Dose Resposta, pois transformou a análise de intensidade de tratamento quase em uma comparação entre os beneficiados pelo Pronaf B e V.

Essa pesquisa não busca exaurir o tema, uma vez que abriu oportunidades para uma investigação mais apurada no comportamento distinto na relação entre intensidade de tratamento e taxa de eficiência dos beneficiados, além do diferente impacto de variáveis como energia e escolaridade na adesão desses grupos aos programas de crédito do governo.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R.; VEIGA, E. **O Pronaf e o desenvolvimento rural: uma avaliação**. São Paulo: Editora UNESP, 2004.
- ALMEIDA, R. O Pronaf: uma análise da evolução do programa e das suas principais críticas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, n. 2, p. 1-23, 2021.
- ALVES, Eliseu *et al.* Pequenos estabelecimentos também enriquecem? Pedras e tropeços. **Revista de Política Agrícola**, v. 24, n. 3, p. 7-21, 2015.
- ALVES, Eliseu. Migração rural-urbana, agricultura familiar e novas tecnologias. **Embrapa Informação Tecnológica**, v. 181, 2006.
- ALVES, M. O. Produção e reprodução social entre beneficiários do Pronaf B no semiárido brasileiro. **Revista Grifos**, v. 30, n. 51, p. 401-420, 2022. doi: 10.22295/grifos.v30i51.5608
- BIA, Michela; MATTEI, Alessandra. A Stata package for the estimation of the dose-response function through adjustment for the generalized propensity score. **The Stata Journal**, v. 8, n. 3, p. 354-373, 2008.
- CARVALHO, D. M.; COSTA, J. E. O Pronaf e a inserção técnico-produtiva nas unidades familiares de Sergipe. **Revista Grifos**, v. 30, n. 51, p. 401-420, 2021. doi: <https://doi.org/10.22295/grifos.v30i51.5220>
- CARVALHO, Leandro Vinícios; ALMEIDA, Roselaine Bonfim de; SILVA, Jonathan Gonçalves da. Análise dos financiamentos para a agricultura familiar na região sul e seus estados. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v. 12, ed. esp. (Dossiê), p. 89-116, 11 fev. 2022.
- CORRÊA, V. P.; SILVA, F. F. Análise das liberações recentes de recursos do Pronaf: uma mudança na lógica de distribuição? **Revista Econômica do Nordeste**, v. 44, n. 1, p. 47-57, 2023.
- COSTA, E. M.; ARAÚJO, J. A.; IPOLITO, A. L. M. (2023). Análise do Agroamigo sobre a receita agropecuária dos agricultores familiares na área de atuação do BNB. **Revista de Economia do Nordeste**, 54(3), 55-73.
- COSTA, Rayssa Alexandre; VIZCAINO, Carlos Andres Charris; COSTA, Edward Martins. Participação em cooperativas e eficiência técnica entre agricultores familiares no Brasil. In: VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro; GASQUES, José Garcia (org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos do Censo Agropecuário**. Brasília: Instituto de Pesquisa

Econômica Aplicada (Ipea), 2020. cap. 17, p. 243-264. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-011-0/cap17>.

CRUZ, Nayara Barbosa da. **Impactos do Pronaf sobre a eficiência técnica da agricultura familiar no Brasil**. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2023.

DA SILVA SOUZA, Geraldo; GOMES, Eliane Gonçalves; GAZZOLA, Rosaura. Produção orgânica na renda bruta agropecuária: Estudo baseado nos dados do censo agropecuário de 2017. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 16, n. 1, p. 60-70, 2021.

DE FREITAS, Carlos Otavio *et al.* Technical efficiency and farm size: an analysis based on the Brazilian agriculture and livestock census. **Italian Review of Agricultural Economics**, v. 74, n. 1, p. 33-48, 2019.

DEL GROSSI, M.; FLORIDO, A. C. S.; RODRIGUES, L. F. P.; OLIVEIRA, M. S. Comunicação de pesquisa: delimitando a agricultura familiar nos censos agropecuários brasileiros. **Revista NECAT-Revista do Núcleo de Estudos de Economia Catarinense**, v. 8, n. 16, p. 40-45, 2019.

FERNANDES, A. M. S. O Pronaf na agricultura familiar: sua criação, distribuição e principais resultados. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 2, p. 175-203, 2013.

FREITAS, C. O. **Tamanho dos estabelecimentos e eficiência técnica na agropecuária brasileira**. 2014. Dissertação (Magister Scientiae) – Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Universidade Federal de Viçosa – MG, 2014.

FORNAZIER, Armando; VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. **Heterogeneidade estrutural no setor agropecuário brasileiro**: Evidências a partir do censo agropecuário de 2006. Texto para Discussão, 2012.

HIRANO, Keisuke; IMBENS, Guido W. The propensity score with continuous treatments. **Applied Bayesian modeling and causal inference from incomplete-data perspectives**, v. 226164, p. 73-84, 2004.

LIMA, João Batista Oliveira. **Crédito rural e eficiência técnica da agropecuária dos municípios do Estado da Bahia**. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Economia, Programa de Pós-Graduação em Economia, Salvador, 2012.

LUNA, A. T.; COSTA, E. M.; Campos, R. T.; Souza, H. G. de; Dias, T. K. M. **Função de produção e eficiência técnica da agropecuária cearense**. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 53, n. 1, p. 89-104, 2022.

MACHADO, Bruno de Souza; NEVES, Mateus de Carvalho Reis; BRAGA, Marcelo José; COSTA, Davi Rogério de Moura. **Os Impactos do Acesso ao Pronaf no Brasil Frente à Concentração Regional: Uma Análise para a Agricultura Familiar e as Tipologias Pronaf B e Pronaf V**. Minas Gerais: Ampec, 2019.

MARTINS, Aurelio Jose; ALENCAR, Junia Rodrigues De; MENDONÇA, Elvino De Carvalho. **O crédito do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) e a eficiência técnica agrícola brasileira: uma análise para o período de 1996 a 2003**. 2006.

OLIVEIRA, D. V.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Avaliação do Pronaf na renda dos agricultores familiares da região Sudeste do Brasil. **Revista de Administração IMED**, v. 11, n. 2, p. 87-113, 2021. doi: 10.22295/raimed.v11i2.5608

SANTOS, Ricardo Bruno Nascimento dos; BRAGA, Marcelo José. Impactos do crédito rural na produtividade da terra e do trabalho nas regiões brasileiras. **Economia Aplicada**, v. 17, p. 299-324, 2013.

SHEFFIELD, Justin. *et al.* Development of a 50-year high-resolution global dataset of meteorological forcings for land surface modeling. **Journal of climate**, v. 19, n. 13, p. 3088-3111, 2006.

SILVA, L. A. C. **A função de produção da agropecuária brasileira: diferenças regionais e evolução no período 1975-1985**. 1996. 157p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

SILVA, M. A. P.; Gomes, M. F. M.; SANTOS, M. L. Análise da eficiência tecnológica dos agricultores familiares e sua comparação com a distribuição dos recursos do Pronaf. **Informe GEPEC**, v. 12, n. 1, p. 1807-1820, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.48075/igepec.v12i1.1807> Acesso em: 22 jan. 2024.

SILVA, Roberto Marinho Alves da; NEVES, Emanuel Márcio Nunes. Perfil dos Estabelecimentos de Agricultura Familiar Associados em Cooperativas na Região Nordeste do Brasil. **Anais do 60º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER)**, 2022.

SIQUEIRA, A. A.; ALVES, R. T.; ALVES, E. A. O Pronaf e a diversificação da agricultura familiar. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, n. 3, p. 33-52, 2023.

SOBREIRA, D. B., Madeira, S. A., TABOSA, F. J. S., COSTA, E. M., & KHAN, A. S. (2021). Eficiência técnica agropecuária e gap tecnológico por níveis de acesso ao crédito rural no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 59(3), e212035. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.212035>

SOUZA, G. S.; GOMES, E. G.; GAZZOLA, R. Eficiência técnica na agricultura brasileira: uma abordagem via fronteira estocástica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 13., 2010, Rio de Janeiro. **Anais [...]** Rio de Janeiro, 2010.

VIEIRA, R. P.; SILVA, J. P.; SILVA, J. M. Impactos econômicos, sociais e ambientais do Pronaf no Brasil: uma revisão sistemática da literatura. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, n. 1, p. 1-31, 2022.

VIANNA, L.; DINIZ, G.; VELLOSO, J. P. R. Crédito e extensão rural: impactos isolados e da sinergia sobre a eficiência técnica dos agricultores brasileiros. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 2, p. 239-263, 2012. Disponível em <https://doi.org/10.1590/S0103-63512012000200002>. Acesso em: 22 jan. 2024.