



NÍVEL DE ACESSO ÀS TECNOLOGIAS DE IRRIGAÇÃO E PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA NO BRASIL¹

LEVEL OF ACCESS TO IRRIGATION TECHNOLOGIES AND AGRICULTURAL PRODUCTION IN BRAZIL

Bruno Freires Ferreira
Universidade Federal do Ceará (UFC/PPGER)
brunofreiresferreira54@gmail.com

Diogo Brito Sobreira
Universidade Regional do Cariri (URCA)
diogo.sobreira@urca.br

Ahmad Saeed Khan
Universidade Federal do Ceará (UFC/PPGER)
saeed@ufc.br

Soraia Araújo Madeira
Universidade Regional do Cariri (URCA/PPGERU)
soraia.madeira@urca.br

Edward Martins Costa
Universidade Federal do Ceará (UFC/PPGER)
edwardcosta@ufc.br

Grupo de Trabalho (GT): GT 02 - Políticas públicas para o desenvolvimento regional

Resumo: Avanços tecnológicos em irrigação têm desempenhado papel crucial no aumento da produtividade agropecuária, ao garantir maior estabilidade nas colheitas e melhores resultados econômicos. No entanto, o Brasil apresenta marcantes desigualdades regionais no acesso a essas tecnologias. Este estudo investiga os efeitos de uma maior cobertura de irrigação sobre a produção agropecuária municipal, considerando possíveis heterogeneidades regionais e entre tipos de produtores. Utilizam-se dados do Censo Agropecuário de 2017, combinados a variáveis climáticas em nível municipal, e aplica-se um modelo de regressão com balanceamento por entropia, o que permite estimar o efeito médio do tratamento sobre os tratados (ATT), controlando por características observáveis. Os efeitos foram estimados tanto para o conjunto de produtores quanto separadamente para agricultores familiares e não familiares. Para o Brasil, os resultados revelam que municípios com maior acesso à irrigação apresentam rendimentos superiores na produção agropecuária, independentemente do segmento dos produtores rurais. Contudo, efeitos positivos e heterogêneos entre os grupos de produtores e regiões foram encontrados. Os achados revelam a intensidade do tratamento foi importante para agricultores familiares apenas nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste. Além disso, apenas na região Nordeste os agricultores não familiares tiveram sua produção afetada positivamente por uma maior taxa de cobertura no acesso às tecnologias de irrigação. Conclui-se que a ampliação do acesso à irrigação é estratégica para o desenvolvimento agropecuário, especialmente em contextos de maior vulnerabilidade climática, social e menor taxa de cobertura de acesso às tecnologias de irrigação.

Palavras-chave: irrigação; produção agropecuária; heterogeneidade regional

Abstract: Technological advances in irrigation have played a crucial role in increasing agricultural productivity by ensuring greater harvest stability and improved economic outcomes. However, Brazil exhibits significant regional disparities in access to these technologies. This study investigates the effects of increased irrigation coverage on municipal agricultural production, taking into account potential regional heterogeneities and differences among types of producers. Data from the 2017 Agricultural Census are used, combined with municipal-level climate variables, and a regression model with entropy balancing is applied. This approach allows for the estimation of the Average Treatment Effect on the Treated (ATT), while controlling for observable characteristics. Effects were estimated both for the entire group of producers and separately for family and non-family farmers. For Brazil as a whole, the results indicate that municipalities with greater access to irrigation exhibit higher agricultural yields, regardless of the rural producer segment. However, positive and

¹ Esta pesquisa teve apoio financeiro da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap).



heterogeneous effects were found across producer groups and regions. The findings reveal that treatment intensity was significant for family farmers only in the North, Northeast, and Southeast regions. Additionally, only in the Northeast region did non-family farmers experience a positive impact on production from a higher coverage rate of access to irrigation technologies. It is concluded that expanding access to irrigation is a strategic priority for agricultural development, especially in contexts of greater climatic and social vulnerability, as well as in areas with lower coverage rates of access to irrigation technologies.

Key words: irrigation; agricultural production; regional heterogeneity

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, às tecnologias de irrigação consolidaram-se como ferramentas importantes para a produção agrícola mundial, contribuindo significativamente para o aumento da produtividade nas lavouras, assegurando eficiência no uso de recursos hídricos e garantindo o plantio em lugares secos ou com precipitação irregular. Sua utilização tem sido um recurso importante para diversas localidades, principalmente, as áreas que convivem com escassez de chuvas, como é o caso do Semiárido brasileiro. Assim, essa prática emprega um conjunto de ferramentas e técnicas com o objetivo de suprir à necessidade total ou parcial de água para a sobrevivência das plantas (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, 2017).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), as áreas irrigadas representam mais de 40% da produção de alimentos em todo o mundo. No cenário brasileiro, isso equivale a aproximadamente 8,2 milhões de hectares que recebem o suporte da irrigação (Sistema de Irrigação e Engenharia, 2024). Essa área destina 35,5% à produção de cana fertirrigada, 17,6% à outras culturas em pivôs centrais, 16,4% a demais culturas e sistemas, 15,9% à produção de arroz, 9,1% à cana irrigada e 5,5% à plantação de café. Recentemente, a área total irrigada cresceu para 9,2 milhões de hectares, tornando-se um dos países com maior cobertura irrigada, ficando atrás somente de países como Irã e Paquistão, e de ter uma área três vezes menor em comparação aos Estados Unidos, e oito vezes menor em relação à China e à Índia (Guimarães; Landau, 2024).

A participação ativa da irrigação na agricultura passa exclusivamente pela eficiência de suas ferramentas. De acordo com a ANA (2017), existem diversos métodos ou sistemas de irrigação que podem ser utilizados conforme o tipo de cultura, no qual destacam-se: o método superficial, que inclui sistemas como sulcos e inundação; subterrâneo, que abrange sistemas do tipo gotejamento subterrâneo e subirrigação; aspersão, com sistemas como pivô central e mangueiras perfuradas; e o método localizado, que atua sob os sistemas em gotejamento e a microaspersão. Além disso, a ANA (2017) enfatiza que não existe um método ou sistema de irrigação ideal, sendo essencial uma análise de componentes socioeconômicos e ambientais na área onde se pretende irrigar. Portanto, a utilização



desse método permite um melhor desenvolvimento da produção rural, especialmente pela diversidade de equipamentos, resultando em operações mais precisas e eficientes ao longo da plantação.

Embora a atividade irrigada tenha se mostrado fortemente crescente nas últimas décadas, ainda representa um fator pouco relativo dado o potencial de áreas que o país ainda pode expandir. A adoção dessa prática não se restringe apenas ao crescimento produtivo, mas também pode envolver outros aspectos, como redução de custos operacionais (água, mão de obra), conservação do solo e prevenção contra efeitos climáticos (seca, precipitação irregular). Dessa forma, Bassoi (2021), resalta que a agricultura é uma atividade de risco, e que o uso da irrigação necessariamente implicaria em maior custo de produção, porém, ao mesmo tempo, pode reduzir esse risco e gerar lucro, dado a sua alta necessidade em ambientes com escassez de chuvas. A utilização dos sistemas de irrigação, portanto, pode depender dos custos dos equipamentos, da distância das fontes de água em relação à produção, dos fenômenos climáticos, e a outros fatores. Assim, a decisão de aderir a essa tecnologia pode ser influenciada por uma combinação de fatores, que são avaliados de acordo com as especificidades de cada propriedade rural.

Empiricamente, estudos internacionais revelam que agricultores que utilizam irrigação tendem a apresentar efeitos positivos na produção em comparação aos agricultores que não adotam essa prática. Os benefícios adquiridos com o suporte dessa tecnologia ajudaram a diminuir a pobreza rural (Bacha *et al.*, 2011), aumentar o consumo e rendimento (Asrat, 2022) e obter um crescimento na produtividade total de fatores agrícolas (Li; Liu, 2023). No contexto nacional, as evidências confirmam essa contribuição, com ênfase na melhoria da qualidade de vida dos produtores (Lacerda; Oliveira, 2007), aumento da produção e lucratividade (Rosa, 2017), além de permitir a expansão de culturas para outras localidades (Cosmo; Ferrarini; Silva, 2023). No entanto, outras pesquisas encontraram impactos negativos, principalmente com relação à ineficiência técnica de produtores familiares (Silva, 2010), e a obtenção de resultados insatisfatórios sobre a produção de comunidades locais (Albuquerque; Costa, 2020).

Os estudos que abordam os impactos da irrigação em relação à produção agropecuária brasileira normalmente enfatizam seus efeitos a nível produtor, comparando agricultores que utilizam irrigação com aqueles que não utilizam. Porém, essas análises não exploram os aspectos sob o ponto de vista municipal, deixando uma lacuna para a compreensão sobre como a heterogeneidade no nível de cobertura de acesso às tecnologias de irrigação pode afetar a produção agropecuária. Dado esse contexto, surgem os seguintes questionamentos: municípios brasileiros com maior cobertura no acesso à irrigação tendem a apresentar maior produção agropecuária em relação aos municípios com



menor cobertura? A partir disso, o estudo busca analisar o efeito de uma maior taxa de cobertura no acesso às tecnologias de irrigação sobre a produção agropecuária no Brasil. Para tanto, empregaram-se os dados do Censo Agropecuário de 2017 e variáveis climáticas, utilizando o modelo de regressões padrão combinado ao método de balanceamento por entropia. Além de explorar a intensidade de acesso às tecnologias de irrigação em nível municipal, o presente estudo contribui para a literatura ao fornecer evidências sobre como o efeito pode divergir de acordo com a região brasileira e o tipo de produtores rurais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Evidências empíricas sobre o efeito da irrigação

A agricultura irrigada consiste de um avanço prático e tecnológico que, ao passar do tempo, tem mostrado evolução em diversos setores e regiões pelo Brasil. Apesar disso, essa atividade só é rentável e sustentável quando executada de forma adequada, empregando técnicas que maximizem a eficiência no uso da terra e da água. Assim, é possível reduzir os custos operacionais e minimizar os impactos ambientais (Garjulli, 2003). No entanto, Coelho, Filho e Oliveira (2005) afirmam que, para manter uma agricultura irrigada sustentável do ponto de vista ambiental, é necessário ser eficiente no uso da água e na utilização de agroquímicos. Dessa forma, destacam que a eficiência no uso da água de irrigação pode ser alcançada através de melhorias na estrutura de irrigação, no aprimoramento dos métodos de manejo da irrigação e na implementação de técnicas que aumentam a eficiência hídrica.

Os impactos da irrigação têm sido discutidos continuamente pela literatura, encontrando evidências que atestam a sua importância para o benefício da produção agrícola. Estudos internacionais, por exemplo, encontraram que o uso da irrigação proporciona efeitos positivos sobre a produtividade, contribuindo significativamente para a redução nos índices de pobreza rural (Bacha et al., 2011), elevação no plantio da cana-de-açúcar (Surendran; Jayakumar; Marimuthu, 2016) e melhoria no consumo e rendimento de agricultores (Burney; Naylor, 2012; Adebayo et al., 2018; Mango et al., 2018; Asrat et al., 2022; Okyere; Ahene-Codjoe, 2022).

A literatura internacional ainda discute outros impactos gerados pela irrigação, dos quais indicam que esse mecanismo influencia positivamente em maiores ganhos em eficiência produtiva (El-shater et al., 2017) e elevação da renda agrícola e familiar dos produtores (Li et al., 2020; Jatana; Tesfahun, 2024). O estudo de Osewe, Liu e Njagi (2020) explica que, ao analisar os efeitos da irrigação, uma das razões que motivaram o uso dessa ferramenta foram experiências com períodos de seca. Como resultado, encontraram efeitos significativos que atestaram uma influência positiva da irrigação sobre a renda líquida per capita da colheita dos agricultores. Sob a mesma ótica, Li e Liu (2023)



abordaram a preocupação global com os efeitos gerados pelas alterações climáticas em relação à segurança alimentar, mostrando que, com instalações de irrigação agrícola, foi possível obter evidências significativas que mostraram um crescimento na produtividade total dos fatores agrícolas.

Para o Brasil, evidências anteriores encontraram impactos positivos para diferentes indicadores no setor agropecuário, principalmente em relação à qualidade de vida dos produtores (Lacerda; Oliveira, 2007), produtividade (Coelho et al., 2009), eficiência de uso da água, custo de água e energia elétrica e lucros para os produtores (Cuppini; Zotti; Leite, 2010). Ademais, Cunha et al. (2013) comparou agricultores que utilizam irrigação com agricultores de sequeiro, empregando o Propensity Score Matching e projeções climáticas, a fim analisar os efeitos encontrados perante as mudanças climáticas. As estimativas indicaram que o valor médio da terra dos produtores com uso de irrigação tende a ser aproximadamente o dobro quando comparados aos agricultores de sequeiro.

Além disso, outras evidências mostraram que a atividade irrigada favorece a adaptação a outras culturas como o Cerrado (Rosa, 2017), promove a sustentabilidade agrícola (Silva; Neves, 2020) e contribui para o cultivo de plantações em outras localidades rurais (Cosmo; Ferrarini; Silva, 2023). Por outro lado, Silva (2010), ao analisar um projeto de irrigação, verificou um impacto negativo, que resultou em uma baixa eficiência de produtores familiares. Já Albuquerque e Costa (2020) analisaram a sustentabilidade de perímetros irrigados no Brasil, com foco na modernização da agricultura e seus impactos sociais e ambientais. Os achados, porém, apontam efeitos negativos de insustentabilidade ambiental causados pelo uso inadequado dos recursos naturais.

Em linhas gerais, pode-se concluir que a maioria dos estudos mencionados reforçam que as práticas de irrigação fortalecem a produção agrícola sobre indicadores econômicos. Os estudos internacionais, de certa forma, encontraram impactos positivos sobre diversas variáveis, enquanto os estudos nacionais relataram efeitos heterogêneos. Desse modo, é importante ressaltar que a análise realizada nas pesquisas procura comparar características dos produtores que utilizam irrigação em relação aos que não utilizam. Essa forma de comparação torna-se essencialmente importante para captar as diferenças entre os grupos analisados, permitindo uma avaliação mais precisa dos impactos gerados pela irrigação sobre a produtividade agrícola.

3. METODOLOGIA

3.1 Fonte dos dados e descrição das variáveis

Para a análise, foram utilizados os dados do Censo Agropecuário de 2017, que são disponibilizados pelo IBGE na plataforma Sistema de Recuperação Automática do IBGE (SIDRA). Esse



conjunto de dados abrange microdados que permitem identificar, em nível individual, as características dos produtores e estabelecimentos rurais, bem como das tecnologias e práticas agrícolas adotadas. Contudo, dado o caráter sigiloso das informações, este estudo utilizou informações em nível municipal que estão disponíveis publicamente.

A base amostral para a construção dessa pesquisa será formada por 5.436 municípios brasileiros, visto que não foi possível verificar, em nível de estabelecimento rural, as propriedades rurais que tiveram acesso à irrigação. Dessa forma, a estratégia adotada consiste em criar uma variável *dummy* a partir da proporção de estabelecimentos rurais que utilizaram algum tipo de sistema de irrigação no município i , de acordo com o critério descrito a seguir:

$$T = 1 \text{ if } Z > \text{mean}(Z)$$

$$T = 0 \text{ if } Z \leq \text{mean}(Z)$$

isto é, municípios cuja proporção de estabelecimentos agropecuários com acesso à algum sistema de irrigação seja superior à média, foi considerado como pertencente ao grupo de tratados ($T=1$). Municípios com taxa de cobertura inferior ou igual à média pertence ao grupo de controle ($T=0$). A *dummy*, de tratamento, portanto, representa os municípios tratados uma maior intensidade no acesso às tecnologias de irrigação.

Como variável dependente, foi utilizado o valor bruto da produção. Além disso, foi considerado na estimação um vetor X de covariáveis para garantir o controle das estimativas e, consequentemente, obter um melhor efeito do tratamento. Entre as variáveis, estão as características sociodemográficas do produtor (sexo, idade e escolaridade), características dos estabelecimentos (condição do produtor em relação as terras, uso de recursos hídricos, agricultura orgânica ou pecuária orgânica, nenhuma prática agrícola, obtenção de financiamento, orientação técnica recebida, pessoal ocupado, despesas e total de implementos agrícolas (tratores, semeadeiras, colheitadeiras, adubadeiras)) e *dummies* de mesorregiões. A pesquisa utiliza ainda a área total do estabelecimento, que foi dividida em cinco classes de área, seguindo o estudo de Lázari e Magalhães (2019), que considera, em nível municipal, a média dos estabelecimentos rurais em áreas de 0 a 5 hectares, 5 a 20 hectares, 20 a 100 hectares, 100 a 500 hectares e 500 hectares ou mais.

As variáveis extraídas do Sidra foram relativizadas pelo total de estabelecimentos município. Dessa forma, cada unidade de análise considera características médias, como uma fazenda representativa do município. Três bases distintas foram construídas para os mesmos 5436 municípios, uma para cada tipologia dos produtores rurais: 1 - familiares, 2 - não familiares, 3 - ambas as tipologias.

Além disso, incluiu-se variáveis climáticas como precipitação e temperatura, que foram extraídas do Terrestrial Hydrology Research Group (THRG). Para isso, foi utilizada informações de precipitação acumulada mensal (mm) e temperatura média mensal (°C) para os anos de 1980 a 2006, levando em conta a média para o verão (dezembro a fevereiro) e o inverno (junho a agosto). A descrição das variáveis utilizadas nesse estudo são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Descrição das Variáveis

Variáveis	Tipo	Fonte
Variável de Tratamento		
Estabelecimentos rurais com uso de irrigação	<i>Dummy</i>	Censo Agropecuário 2017
Variável de Resultado		
Valor bruto da produção dos estabelecimentos rurais	Média	Censo Agropecuário 2017
Covariáveis X		
Estabelecimentos rurais com produtor do sexo masculino	Proporção	Censo Agropecuário 2017
Estabelecimentos rurais cujo produtor possui 65 anos ou mais	Proporção	Censo Agropecuário 2017
Estabelecimentos rurais cujo produtor possui baixa escolaridade*	Proporção	Censo Agropecuário 2017
Estabelecimentos rurais cujo produtor é proprietário	Proporção	Censo Agropecuário 2017
Estabelecimentos rurais com área total entre 0 e 5 hectares	Proporção	Censo Agropecuário 2017
Estabelecimentos rurais com área total entre 5 e 20 hectares	Proporção	Censo Agropecuário 2017
Estabelecimentos rurais com área total entre 20 e 100 hectares	Proporção	Censo Agropecuário 2017
Estabelecimentos rurais com área total entre 100 e 500 hectares	Proporção	Censo Agropecuário 2017
Estabelecimentos rurais com área total superior a 500 hectares	Proporção	Censo Agropecuário 2017
Estabelecimentos rurais com recursos hídricos	Proporção	Censo Agropecuário 2017
Estabelecimentos rurais com uso de agricultura/pecuária orgânica	Proporção	Censo Agropecuário 2017
Estabelecimentos rurais sem prática agrícola	Proporção	Censo Agropecuário 2017
Estabelecimentos rurais que obtiveram financiamento privado	Proporção	Censo Agropecuário 2017
Estabelecimentos rurais que obtiveram financiamento público	Proporção	Censo Agropecuário 2017
Estabelecimentos rurais que receberam orientação técnica privada	Proporção	Censo Agropecuário 2017
Estabelecimentos rurais que receberam orientação técnica pública	Proporção	Censo Agropecuário 2017
Pessoal ocupado nos estabelecimentos agropecuários	Proporção	Censo Agropecuário 2017
Total de implementos agrícolas nos estabelecimentos rurais	Média	Censo Agropecuário 2017
Total das despesas nos estabelecimentos rurais	Média	Censo Agropecuário 2017
Área utilizada pelos estabelecimentos rurais	Média	Censo Agropecuário 2017
Precipitação média durante o verão	Média	THRG
Precipitação média durante o inverno	Média	THRG
Temperatura média durante o verão	Média	THRG
Temperatura média durante o inverno	Média	THRG
<i>Dummy</i> de mesorregião	<i>Dummy</i>	Censo Agropecuário 2017

Fonte: Elaboração dos autores. Nota: Foi utilizado como referência os estabelecimentos rurais com área entre 0 e 5 hectares. * A baixa escolaridade do produtor foi definida com base nos seguintes aspectos: nunca frequentou escola, classe de alfabetização – CA, alfabetização de jovens e adultos – AJA e antigo primário (elementar).

3.2 Estratégia Econométrica

O foco central da pesquisa é medir o efeito médio do tratamento sobre os tratados de uma maior intensidade no acesso às tecnologias de irrigação sobre o valor da produção agropecuária no Brasil. Além disso, busca-se verificar a existência de efeitos heterogêneos entre as diferentes macrorregiões e diferentes grupos de produtores rurais, conforme sua tipologia. Neste estudo, municípios com maior taxa de cobertura no acesso às tecnologias de irrigação pertencem ao grupo de tratados (T



= 1) e aqueles com menor cobertura pertencem ao grupo dos que não receberam o tratamento (grupo de controle, $T = 0$). Para obter o efeito causal do tratamento, deve-se comparar o valor da produção potencial dos municípios tratados que receberam o tratamento em relação ao valor da produção potencial dos municípios tratados caso não tivessem recebido o tratamento (grupo contrafactual).

Como o resultado contrafactual é não observado nos dados, utiliza-se, alternativamente, informações do grupo de controle. A simples comparação da variável de resultado entre os dois grupos, entretanto, forneceria uma medida tendenciosa desse impacto, uma vez que a atribuição ao tratamento não foi randomizada, fazendo com que os grupos fossem diferentes em características observáveis e não observáveis, que poderiam causar confusão na estimação do efeito causal. Dessa forma, adotou-se uma técnica quase-experimental que torna os grupos semelhantes em características observáveis. Foi estimado uma regressão padrão ponderada por pesos alcançados por balanceamento por entropia de Hainmueller (2012), a fim de obter o ATT, conforme demonstrado pela equação a seguir:

$$\ln Y_i = \alpha_i + \beta T_i + \gamma X_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

em que Y_i representa a variável de resultado; X_i corresponde ao vetor de características observáveis; T_i é uma variável de tratamento, quando seu valor é igual a 1, significa que o município tem maior acesso à irrigação, e 0 caso contrário; e β equivale ao parâmetro de interesse, ou seja, o Efeito do Tratamento sobre os Tratados (ATT).

O processo ponderação dos dados por *Entropy Balancing*, assegura que a distribuição das variáveis no grupo de controle alcance um equilíbrio das covariáveis observadas em diferentes momentos estatísticos. A implicação prática desse procedimento consiste em assegurar que o grupo de controle represente o grupo contrafactual.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise descritiva dos dados

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas relacionadas as variáveis, considerando os diferentes grupos de produtores. As estatísticas revelam que os municípios brasileiros produzem, em média, R\$ 167,7 mil reais por estabelecimento, com evidente heterogeneidade no valor da produção média entre produtores rurais não familiares e os familiares. Por outro lado, observa-se que a taxa de cobertura média dos municípios no acesso aos sistemas de irrigação entre os dois grupos se mostra semelhante, em torno de 31%, com leve vantagem para agricultores não familiares.

Quanto as covariáveis, nota-se que entre as características sociodemográficas, há uma predominância maior de produtores homens e uma menor proporção de produtores (dirigentes) com idade avançada. Atributos associados aos estabelecimentos, como acesso a recursos hídricos, tem uma presença significativa em boa parte da amostra, ao passo que a média de área utilizada para o exercício da produção dos produtores não familiares, em média, é significativamente superior à área média utilizada por agricultores familiares. Além disso, destaca-se que a proporção de estabelecimentos que obtiveram financiamento público ou privado é, na média, baixa nos diferentes tipos de produtores. Tais estatísticas foram consistentes com o perfil de cada tipologia dos produtores rurais.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas por tipologia

Variáveis	Agricultura não familiar		Agricultura familiar		Agricultura total	
	Média	D. P.	Média	D. P.	Média	D. P.
Valor da Produção (Mil Reais)	388,49	897,58	37,36	38,01	167,71	507,58
Acesso à irrigação	0,328	0,470	0,308	0,462	0,310	0,463
Masculino	0,850	0,075	0,830	0,083	0,834	0,075
Produtor com 65 anos ou mais	0,171	0,089	0,281	0,087	0,250	0,067
Baixa Escolaridade	0,311	0,144	0,544	0,161	0,480	0,163
Proprietário	0,821	0,145	0,809	0,166	0,814	0,153
Implementos Agrícolas	1,049	1,703	0,316	0,464	0,569	0,900
Recursos Hídricos	0,848	0,155	0,836	0,160	0,840	0,155
Pessoal Ocupado	5,160	10,495	2,511	0,624	3,441	4,931
Agricultura/Pecuária Orgânica	0,016	0,042	0,018	0,045	0,017	0,041
Nenhuma Prática Agrícola	0,441	0,246	0,456	0,264	0,447	0,254
Despesas	152,747	487,307	13,390	19,533	64,952	240,856
Crédito Privado	0,090	0,082	0,072	0,061	0,079	0,065
Crédito Público	0,086	0,095	0,092	0,103	0,091	0,099
Orientação Técnica Privada	0,264	0,252	0,156	0,215	0,193	0,225
Orientação Técnica Pública	0,076	0,098	0,089	0,117	0,085	0,109
Área Utilizada	145,854	243,433	15,154	12,841	60,307	122,634
Área total (0 a 5 hectares)	0,273	0,226	0,319	0,231	0,304	0,227
Área total (5 a 20 hectares)	0,190	0,117	0,329	0,153	0,289	0,139
Área total (20 a 100 hectares)	0,213	0,115	0,302	0,185	0,273	0,149
Área total (100 a 500 hectares)	0,220	0,158	0,037	0,072	0,092	0,087
Área total (> 500 hectares)	0,090	0,123	0,000	0,003	0,030	0,058

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos dados do Censo Agropecuário (2017). Nota: D. P. representa o Desvio Padrão.

Embora a taxa de cobertura média no acesso às tecnologias de irrigação seja relativamente similar entre os dois grupos, o desvio padrão revela uma elevada heterogeneidade entre os municípios. Afim de verificar como essa heterogeneidade se distribui territorialmente no Brasil, a Figura 1 ilustra a distribuição espacial dos municípios brasileiros para cada tipologia de produtor rural, conforme a condição de tratamento, isto é, municípios com cor mais clara representam aqueles com menor cobertura no acesso à irrigação (abaixo da média) e municípios com cor mais escura correspondem aos municípios maior taxa de cobertura (acima da média).

Com isso, é possível perceber que todas as tipologias de produtores indicam que os municípios

com maior taxa de cobertura irrigada localizam-se em áreas onde a atividade agropecuária é mais incisiva, como ocorre no Sudeste. Essa região é considerada o epicentro da irrigação, e por isso se justifica pela forte utilização dos sistemas de irrigação, como é o caso do pivô central e gotejamento. Por outro lado, é possível perceber que os locais de menor cobertura irrigada aparecem em diversas áreas dos mapas, sendo em boa parte das regiões Norte e Centro-Oeste, e parte da região Nordeste. No caso do Centro-Oeste, a baixa presença da irrigação pode estar atrelada ao fator clima, principalmente, porque as estações nessa região são bem definidas, o que pode resultar em menor uso dessa ferramenta. Na região Norte, como a agricultura é uma atividade pouco exercida nessa área, isso causar uma baixa procura por sistemas de irrigação, o que pode justificar o baixo acesso à irrigação. Já a forte presença no Nordeste pode estar associada à produção de cana-de-açúcar e fruticultura, o que possivelmente estimula o uso da irrigação como forma de suprir a escassez de chuvas. As ilustrações reforçam o quanto o acesso às tecnologias de irrigação é heterogêneo no Brasil e reduzida, especialmente, em locais onde a atividade agrícola é prejudicada pelas variações climáticas.

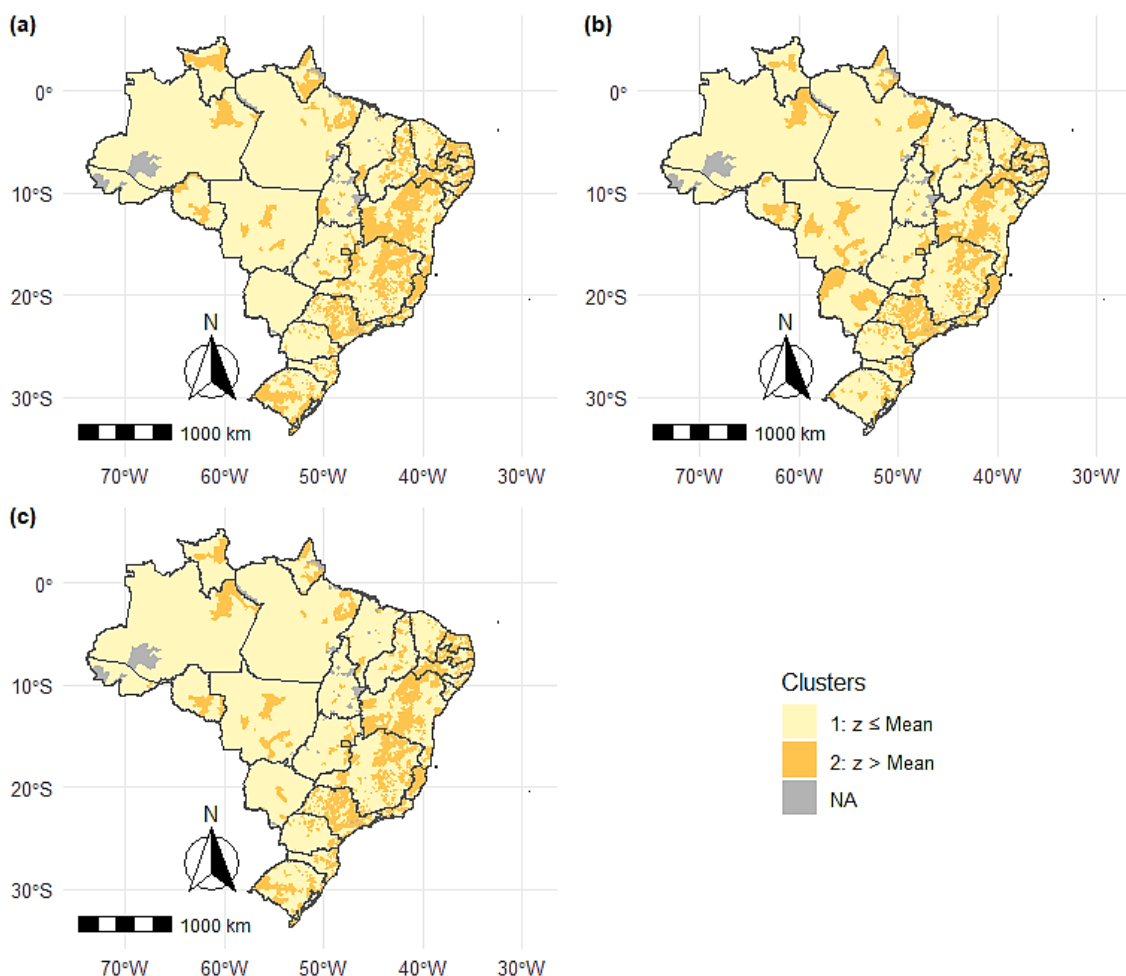




Figura 1 – Distribuição espacial dos municípios por nível de intensidade no acesso à irrigação, considerando o perfil do produtor – Brasil e Regiões – 2017

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos dados do Censo Agropecuário (2017). Nota: a cor cinza indica ausência de informação no acesso à sistema de irrigação. “(a)” Agricultura não familiar; “(b)” Agricultura familiar; “(c)” Agricultura total

4.2 Quais as diferenças entre municípios com maior e menor taxa de cobertura no acesso à irrigação?

Inicialmente, buscou-se realizar uma simples comparação entre municípios mais e menos intensivos no acesso à irrigação em termos de valor da produção (variável de resultado). A diferença de médias entre os dois grupos (primeira coluna) e a média para cada grupo (segunda coluna) para o Brasil e suas regiões estão ilustradas na Figura 2. Considerando apenas as médias brutas, observa-se a existência de diferenças estatisticamente significantes ao nível de 5% entre os dois grupos, demonstrando que municípios mais intensivos produzem, em média, mais que os municípios com menor cobertura no acesso à irrigação, considerando a amostra conjunta de produtores rurais (painel c, Figura 2). Ao desagregar a amostra segundo a tipologia, observamos que esse resultado permanece apenas para agricultores não familiares.

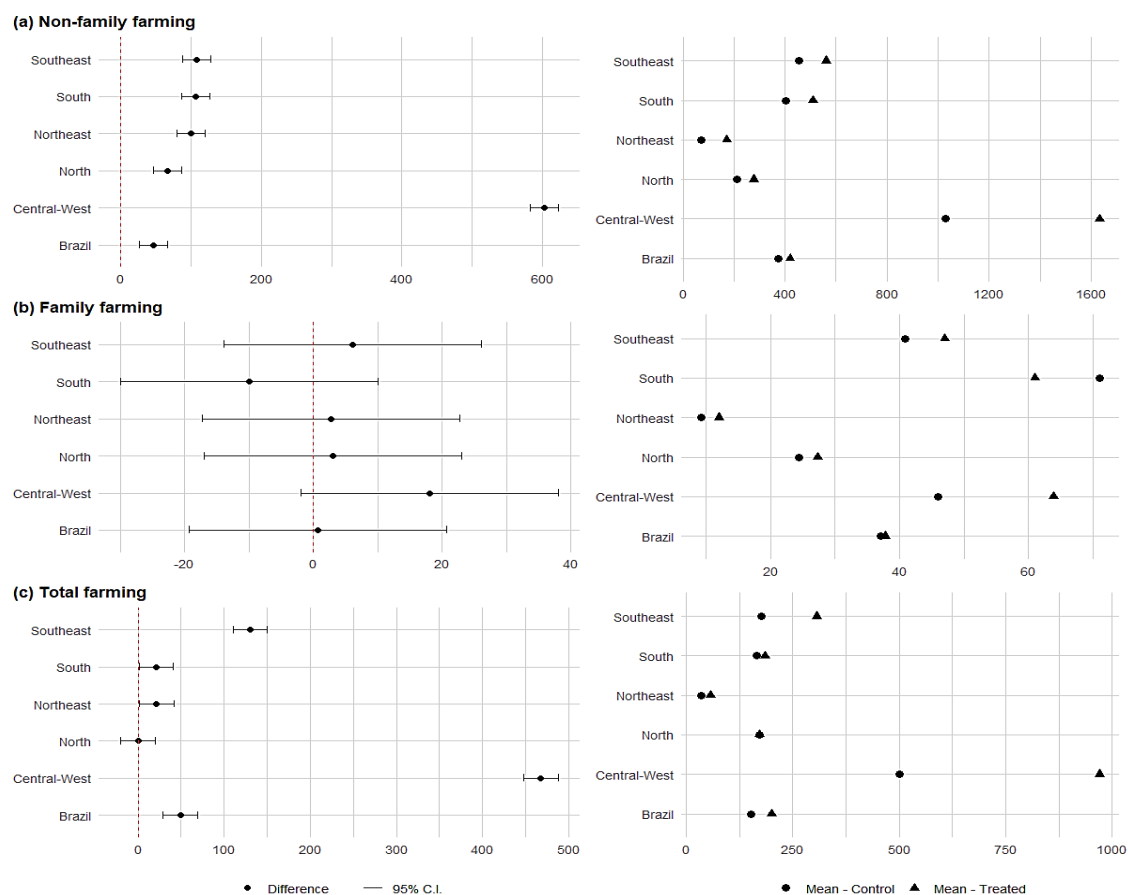




Figura 2 – Diferença de médias do VBP/estabelecimentos (Mil R\$), considerando o perfil do produtor – Brasil e Regiões – 2017

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos dados do Censo Agropecuário (2017).

Entretanto, essas diferenças, geralmente favoráveis aos municípios mais intensivos, não podem ser atribuídas exclusivamente à intensidade de acesso às tecnologias de irrigação, dado que este evento ocorreu aleatoriamente entre as inúmeras propriedades rurais. Isso sugere que o efeito de outros fatores pode ser confundido com o verdadeiro efeito de uma maior intensidade no acesso à irrigação.

Para minimizar a endogeneidade, foram incorporadas ao modelo um conjunto de variáveis que podem controlar os resultados e captar melhor o efeito do tratamento. Essas variáveis foram incluídas pela sua relação com a produção agropecuária e com a variável de tratamento, a saber: características do produtor e do estabelecimento, grupos de áreas dos estabelecimentos, mesorregiões do Brasil e variáveis climáticas (ver Quadro 1). Mesmo controlando as estimativas por outros fatores, o efeito estimado do tratamento pode sofrer de viés de variável relevante omitida, tornado a estimativa tendenciosa. Dada a estrutura cross-section dos dados, uma alternativa para controlar o viés de variável omitida seria a utilização de variáveis instrumentais. Contudo, a indisponibilidade de um instrumento adequado inviabiliza a utilização do estimador de variáveis instrumentais. Como solução, optou-se pela utilização de uma técnica quase-experimental que equilibra os grupos de tratados e de controle em características observáveis, tornando-os semelhantes nessas características, isto é, a condição de tratamento passaria a não depender das características das observações de análise, permitindo uma inferência causal do efeito do tratamento sobre os tratados.

Diante disso, a Figura 3 apresenta as diferenças de médias das covariáveis para antes e depois do balanceamento por entropia, em uma escala nacional², conforme a tipologia dos produtores por meio de um gráfico Love Plot³. Antes do balanceamento, verificou-se diferenças estatisticamente significativas na maioria das covariáveis (linhas roxas). Diante disso, observou-se que, em média, os municípios com maior intensidade no acesso à irrigação mostraram maior proporção de produtores do sexo masculino, menor proporção de produtores com baixo nível de escolaridade e menor incidência de agricultores que não utilizam práticas agrícolas. Em relação aos municípios com menor intensidade, notou-se maior proporção de agricultores que são proprietários dos estabelecimentos,

² Além disso, as diferenças foram calculadas para cada região brasileira. Em função da limitação de espaço, essas estimativas podem ser enviadas mediante solicitação.

³ O gráfico Love Plot mostra a diferença de médias padronizada para todas as covariáveis do modelo, exceto as *dummies* de mesorregiões. Isso permite comparar a diferença nas médias em unidades do desvio padrão combinado entre os grupos, não sendo influenciada pelo tamanho da amostra. Isso permite a comparação do balanceamento alcançado considerando variáveis com diferentes unidades de medida. Segundo Normand et al. (2001), valores de SMD menor que 0,1 indica uma diferença insignificante na média.

menor proporção de propriedades com uso de agricultura orgânica ou pecuária orgânica e maior média de área utilizada para o cultivo da produção.

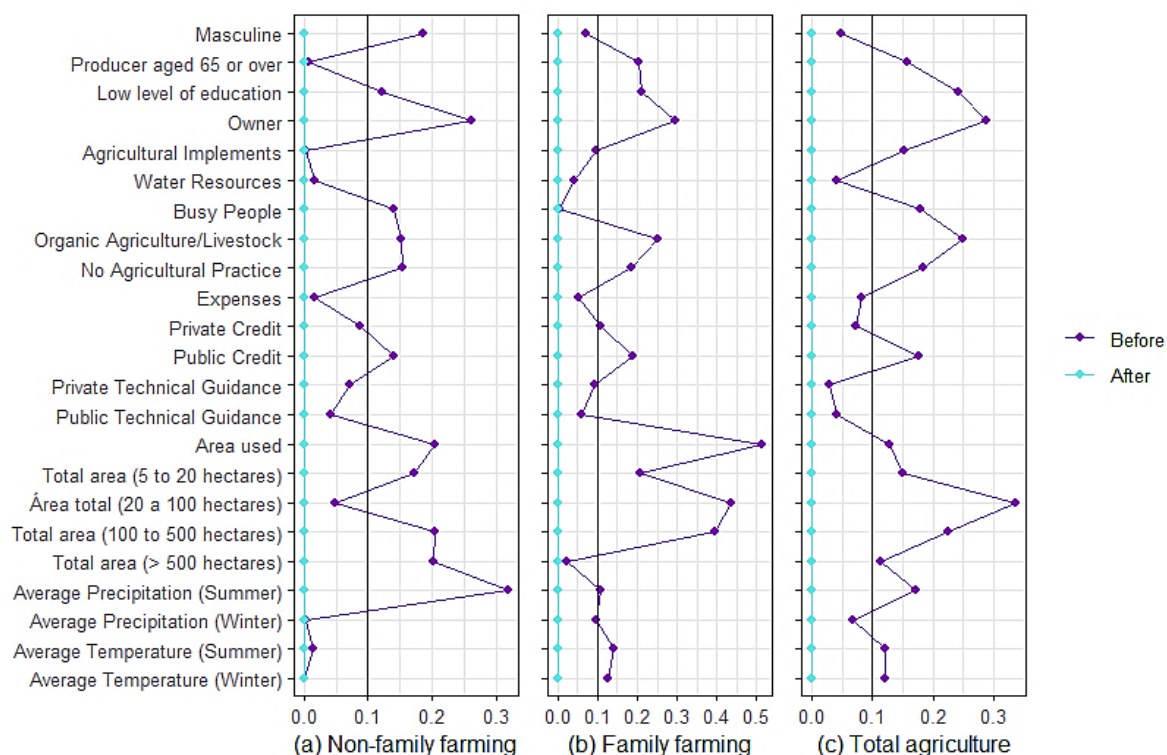


Figura 3 – Média das covariáveis para antes e depois do balanceamento por entropia, referente ao VBP/estabelecimentos, considerando cada perfil de produtor – Brasil – 2017

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos dados do Censo Agropecuário (2017).

Com isso, possíveis diferenças em características observáveis entre os grupos tratado e controle podem tornar tendencioso o verdadeiro efeito do tratamento. Este problema pode ser controlado equiparando os dois grupos, de modo que suas características observadas sejam equilibradas. Neste caso, foi utilizado o balanceamento por entropia, que faz o ajustamento das covariáveis, assegurando que as observações entre os dois grupos sejam comparáveis, minimizando a presença de viés. Os pontos destacados em verde, na Figura 3, mostram que o equilíbrio das covariáveis entre tratamento e controle após o balanceamento foi alcançado. Esse resultado também foi observado nas estimativas por regiões brasileiras. Tais evidências garantem que o tratamento independa de covariáveis observáveis e, portanto, qualquer diferença no valor bruto da produção poderia ser atribuída ao tratamento, ou seja, a uma maior intensidade no acesso à irrigação. Logo, é importante frisar que o equilíbrio realizado pelo balanceamento não evita totalmente a presença de viés nos resultados, pois esse procedimento pode não controlar a existência de eventuais diferenças em características não observáveis.

4.3 Efeito do tratamento sobre os Tratados



A Tabela 2 apresenta os resultados para o efeito de uma maior intensidade no acesso à irrigação sobre o valor bruto da produção agropecuária (VBP)⁴. As evidências indicam que estabelecimentos representativos com maior intensidade às práticas de irrigação tendem a obter rendimentos maiores na produção em comparação aos estabelecimentos de menor intensidade. Em nível nacional, os efeitos variam entre os diferentes grupos da agricultura, com diferença de aproximadamente 39,4% na agricultura não familiar, 18,3% na agricultura total e 17,6% na agricultura familiar. Tais resultados sugerem que quanto maior o nível de acesso à irrigação, maior será o valor bruto da produção. Esses achados, portanto, confirmam o quanto a utilização da irrigação é importante para o crescimento da produção, sobretudo, nos locais de maior acesso à irrigação. Assim, isso reforça os achados trazidos por Coelho et al. (2009), Surendran, Jayakumar e Marimuthu (2016), Mango et al. (2018) e Asrat (2022), que relataram impactos positivos da atividade irrigada sobre os ganhos na produtividade.

Quanto às regiões, observa-se efeitos positivos e significativos que confirmam um potencial maior de produção para os municípios que utilizam irrigação de maneira mais intensiva. No entanto, os efeitos para cada perfil de produtor foram significativos apenas na região Nordeste, com diferença de 36,2% para os agricultores não familiares, 20,1% na agricultura total e 15,3% para os agricultores familiares. Esses resultados reforçam as descobertas de Lacerda e Oliveira (2007), que verificaram uma influência positiva dos perímetros irrigados na região Nordeste, mais especificamente no estado do Ceará, encontrando uma melhoria na qualidade de vida dos produtores.

Nas demais regiões, tiveram impactos significativos apenas no Norte e Sudeste, com magnitude positiva de 83,7% e 13,5% na agricultura não familiar, e cerca de 18,8% e 12% na agricultura familiar, respectivamente. Dessa forma, como os dados utilizados nessa pesquisa foram controlados por variáveis climáticas, é possível que o impacto positivo apresentado tanto na região Norte quanto no Nordeste possa estar relacionado a condição climática ao qual essas regiões enfrentam, uma vez que a utilização maior da irrigação amenizaria os efeitos causados pela escassez de chuvas, influenciando em maiores rendimentos para o sistema produtivo.

Assim, essas novas descobertas contribuem significativamente para a literatura apresentada, principalmente, por mostrar evidências inovadoras que indicam uma superioridade econômica dos municípios mais intensivos ao uso da irrigação em relação aos municípios de menor cobertura irrigada. O estudo torna-se ainda mais interessante por ampliar os efeitos a nível regional e para cada perfil de agricultor, mostrando como os resultados podem variar entre as diferentes regiões e entre

⁴ Os resultados demonstrados na Tabela 2 foram estimados por meio de uma regressão log-linear, portanto, sua interpretação seguirá a seguinte aplicação: $(\exp(\text{coeficiente}) - 1) * 100\%$.

diferentes produtores agrícolas. Com isso, conclui-se que uma maior utilização de métodos ou sistemas de irrigação pode estar associada a maiores ganhos econômicos na produção quando comparados a um menor uso da irrigação, especialmente, em locais onde os fenômenos climáticos são desfavoráveis ao crescimento da produção.

Tabela 2 – Efeito de um maior acesso à irrigação sobre o valor bruto da produção agropecuária, considerando o perfil do produtor – Brasil e Regiões – 2017

Brasil e Regiões	Ln VBP	Após a ponderação de entropia					
		Agricultura não familiar		Agricultura familiar		Agricultura total	
		Coef.	R2	Coef.	R2	Coef.	R2
Brasil	ATT	0,332***	0,806	0,162***	0,854	0,168***	0,856
	S.E.	[0,029]		[0,014]		[0,024]	
Norte	ATT	0,608***	0,778	0,172**	0,692	0,165	0,751
	S.E.	[0,139]		[0,051]		[0,106]	
Nordeste	ATT	0,309***	0,724	0,142***	0,716	0,183***	0,743
	S.E.	[0,069]		[0,022]		[0,051]	
Sudeste	ATT	0,127**	0,792	0,113***	0,759	0,019	0,834
	S.E.	[0,043]		[0,026]		[0,040]	
Sul	ATT	0,043	0,780	0,067	0,673	-0,005	0,811
	S.E.	[0,048]		[0,036]		[0,039]	
Centro-Oeste	ATT	-0,021	0,921	0,095	0,791	-0,009	0,878
	S.E.	[0,113]		[0,061]		[0,097]	
Controles X							
Características do produtor		Sim		Sim		Sim	
Características do estabelecimento		Sim		Sim		Sim	
Grupos de área dos estabelecimentos		Sim		Sim		Sim	
Dummies de Mesorregiões		Sim		Sim		Sim	
Variáveis Climáticas		Sim		Sim		Sim	

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos dados do Censo Agropecuário (2017).

Notas: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$. Coef. corresponde ao coeficiente.

Em relação às variáveis utilizadas para controlar as estimativas do modelo e garantir um melhor efeito do tratamento, é possível destacar que, a maioria dos casos indicaram que, estabelecimentos representativos que fazem o uso de implementos agrícolas ou que recebem orientação técnica privada são mais propensos a terem maiores taxas de cobertura na implementação de tecnologias de irrigação. Assim, é provável que a utilização de tratores, semeadeiras, colheitadeiras e adubadeiras (implementos agrícolas) possam favorecer o uso da irrigação, principalmente pelo fato de que esses equipamentos ajudam na produtividade e podem viabilizar o manejo dos sistemas de irrigação. Por outro lado, estabelecimentos cujo produtor apresenta baixo nível de escolaridade tendem a reduzir a probabilidade de uso da irrigação. Isso pode indicar que, produtores com nível de educação baixo podem ter menos acesso às informações e pouco entendimento sobre o uso dessa tecnologia, o que pode indicar menores chances de utilização. Essa descoberta, de certa forma, reforça uma evidência



encontrada por Asrat et al. (2022), que concluiu que a educação se associa positivamente à irrigação, ressaltando que um melhor acesso e percepção sobre o uso da irrigação pode representar maiores chances de adoção dessa tecnologia.

Vale ressaltar que as variáveis climáticas como precipitação no verão e precipitação no inverno influenciaram em maiores chances de acesso à irrigação quando analisadas a nível nacional e para a região Nordeste, levando em consideração os diferentes perfis dos produtores. Dessa forma, é possível que o baixo índice de chuva seja um indicativo dessa relação positiva, principalmente na região Nordeste, onde a presença de seca é vista como frequente ao longo do ano e que pode levar os produtores a recorrerem aos sistemas de irrigação como forma de amenizar os impactos climáticos e assegurar o cultivo da produção. Logo, essa evidência se associa aos achados de Osewe, Liu e Njagi (2020), ao qual encontraram que experiências com episódios de seca são vistos como um fator significativo e determinante para uma maior adoção de tecnologias de irrigação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou analisar o efeito de uma maior taxa de cobertura no acesso às tecnologias de irrigação sobre o valor da produção agropecuária no Brasil. Esta avaliação foi realizada comparando os municípios que apresentam maior intensidade à irrigação com os municípios de menor intensidade, analisando como estes cenários tendem a impactar na produção agropecuária brasileira. A estratégia de pesquisa não se limitou apenas em analisar os efeitos em nível nacional, mas também verificar se os resultados poderiam variar entre as regiões ou entre os diferentes tipos de produtores, como os familiares, não familiares e a agricultura total.

As evidências mostraram a presença de resultados consistentes, demonstrando que os municípios com nível maior de cobertura irrigada podem obter rendimentos superiores na produção, quando comparados aos municípios com menor nível de cobertura. Os efeitos observados para o Brasil variaram entre os diferentes perfis de produtores, mostrando maior impacto sobre a agricultura não familiar. Quanto às regiões, foram detectados impactos significativos apenas no Norte, Nordeste e Sudeste. Os resultados para o Nordeste mostraram-se positivos em cada perfil do produtor, tendo maior influência entre os agricultores não familiares. Enquanto isso, nas regiões Norte e Sudeste, houve efeitos apenas na agricultura familiar e total, mostrando uma influência positiva sobre os ganhos na produção agropecuária. Além disso, os achados revelaram que municípios que utilizam implementos agrícolas ou de alguma forma recebem orientação técnica privada, tendem a alcançar maiores probabilidades de acesso aos sistemas de irrigação. Por outro lado, municípios onde o dirigente



Em geral, é possível concluir que os resultados encontrados foram condizentes com a literatura abordada, principalmente pelo fato de que ao utilizar ferramentas de irrigação pode ajudar positivamente os produtores a conseguirem maiores rendimentos na produção agrícola. Além do mais, o estudo atual contribui para a literatura, especialmente por mostrar novas evidências que indicam que uma maior intensidade no acesso à irrigação pode estar associada a maiores resultados econômicos na produção, quando comparado a uma menor intensidade. Essas análises tornam-se ainda mais inovadoras por mostrarem evidências tanto a nível nacional quanto por região, considerando diferentes características dos agricultores.

Assim, os resultados observados ao longo desse estudo impulsionam a relevância das tecnologias de irrigação como um fator crucial para o avanço da produção agrícola no Brasil, principalmente em locais de maior adversidade climática, como as regiões Norte e Nordeste do país. A associação entre uma maior cobertura irrigada e a elevação nos ganhos da produção comprova que a modernização no uso de recursos hídricos e a aplicação de técnicas mais eficientes têm a capacidade de transformar o sistema produtivo rural brasileiro. Esse cenário reforça o apoio a políticas públicas que ampliem o acesso à irrigação, especialmente em regiões e grupos de agricultores que ainda não dispõem dessa tecnologia.

As discussões enfatizadas neste estudo, além de serem inovadoras para a literatura, tornam-se ainda mais relevantes e pioneiras para que outras pesquisas possam abordar e discutir essa relação com mais aprofundamento. Incluir outras variáveis nessa abordagem ou realizar uma análise a nível estadual pode ser um indicativo para novas descobertas. Tais sugestões podem ser fundamentais para que estudos futuros possam dar ainda mais embasamento a esta relação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao pesquisador Marcelo Braga por gentilmente compartilhar a base de dados de variáveis climáticas utilizadas nas estimações.

REFERÊNCIAS

ADEBAYO, O. et al. Impact of irrigation technology use on crop yield, crop income and household food security in Nigeria: A treatment effect approach. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Atlas Irrigação: uso da



água na agricultura irrigada. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/im-prensa/publicacoes/AtlasIrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf>. Acesso em: 4 mai. 2025.

ALBUQUERQUE, B. C. D. de; COSTA, F. R. da. Perímetros irrigados, comunidade e sustentabilidade: uma revisão de literatura. **Cadernos Cajuína**, v. 5, n. 3, p. 498-513, 2020.

ASRAT, D. et al. Impact of Awash irrigation on the welfare of smallholder farmers in Eastern Ethiopia. **Cogent Economics & Finance**, v. 10, n. 1, p. 2024722, 2022.

BACHA, D. et al. Impact of small-scale irrigation on household poverty: empirical evidence from the Ambo district in Ethiopia. **Irrigation and Drainage**, v. 60, n. 1, p. 1-10, 2011.

BASSOI, L. H. Irrigação no Brasil: necessidade e opção estratégica. Brasília: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62692713/artigo-irrigacao-no-brasil-necessidade-e-opcao-estrategica>. Acesso em: 4 mai. 2025.

C

BURNEY, J.; NAYLOR, R. L. Smallholder Irrigation as a poverty alleviation tool in Sub-Saharan Africa. **World Development**, [S.l.], v. 40, n. 1, p. 110–123, 2012.

COELHO, E. F.; FILHO, M. A. C.; OLIVEIRA, S. L. de. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 1, p. 57-60, 2005.

COELHO, G. et al. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro 'Catuaí'. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 67-73, 2009.

COSMO, M. M.; FERRARINI, A. D. S. F.; SILVA, C. E. S. F. DA. 2023. A expansão da irrigação da cana-de-açúcar nos municípios da região centro-oeste do Brasil. Disponível em: https://brsa.org.br/wp-content/uploads/wpcf7-submissions/15865/A-EXPANS%C3%83O-DA-IRRIGA%C3%87%C3%83O-DA-CANA-DE-A%C3%87%C3%9ACAR_Identificado.pdf. Acesso em: 27 mai. 2024.

CUNHA, D. A. da et al. Irrigação como estratégia de adaptação de pequenos agricultores às mudanças climáticas: aspectos econômicos. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, p. 369-386, 2013.

CUPPINI, D. M.; ZOTTI, N. C.; LEITE, J. A. O. Efeito da irrigação na produção da cultura de alface (*Lactuca sativa* L.), variedade "Pira Roxa" manejada através de "Tanque Classe A" em ambiente protegido. **Revista Perspectiva**, v. 34, n. 127, p. 53-61, 2010.

EL-SHATER, T. et al. Impacts of improved supplemental irrigation on farm income, productive efficiency and risk management in dry areas. **Journal of Water Resource and Protection**, [S.l.], v. 9, p. 1709-1720, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Métodos de Irrigação. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/irrigacao/metodos>. Acesso em: 25 mai. 2024.



FREITAS, C. O. de; SILVA, F. A.; TEIXEIRA, E. C. Crédito rural e desempenho produtivo na agropecuária brasileira. 2020.

GARJULLI, R. Os recursos hídricos no semiárido. **Ciência e Cultura**. v.55, n.4, p. 38-39, 2003.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. Agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil em 2024. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2024. 11 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 261). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1167756/1/Agricultura-irrigada-por-pivos-centrais-no-Brasil-em-2024.pdf>. Acesso em: 5 mai. 2025.

HAINMUELLER, J. Entropy balancing for causal effects: A multivariate reweighting method to produce balanced samples in observational studies. **Political analysis**, v. 20, n. 1, p. 25-46, 2012.

JATANA, D.; TESFAHUN, A. A. Impact of small-scale irrigation on the income of rural farm households: empirical evidence from Ethiopia. **International Journal of Social Economics**, [s.l.], v. ahead-of-print, n. ahead-of-print, 2024.

LACERDA, N. B. de; OLIVEIRA, T. S. de. Agricultura irrigada e a qualidade de vida dos agricultores em perímetros do Estado do Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 2, p. 216-223, 2007.

LÁZARI, N. C. de; MAGALHÃES, M. M. de. Crescimento da PTF segundo tamanho de estabelecimentos rurais na região Sudeste, de 1985 a 2006. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 2, p. 198-214, 2019.

LI, H.; LIU, H. Climate Change, Farm Irrigation Facilities, and Agriculture Total Factor Productivity: Evidence from China. **Sustainability**, v. 15, n. 4, p. 2889, 2023.

LI, J. et al. The impact of access to irrigation on rural incomes and diversification: evidence from China. *China Agricultural Economic Review*, v. 12, n. 4, p. 705-725, 2020.

MANGO, N. et al. Adoption of small-scale irrigation farming as a climate-smart agriculture practice and its influence on household income in the Chinyanja Triangle, Southern Africa. **Land**, v. 7, n. 2, p. 49, 2018.

NORMAND, Sharon-Lise T. et al. Validating recommendations for coronary angiography following acute myocardial infarction in the elderly: a matched analysis using propensity scores. **Journal of clinical epidemiology**, v. 54, n. 4, p. 387-398, 2001.

OKYERE, C. Y.; AHENE-CODJOE, A. A. Irrigated agriculture and welfare: Panel data evidence from Southern Ghana. **The European Journal of Development Research**, v. 34, n. 2, p. 583-610, 2022.

OSEWE, M.; LIU, A.; NJAGI, T. Farmer-led irrigation and its impacts on smallholder farmers' crop income: Evidence from Southern Tanzania. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 5, p. 1512, 2020.

ROSA, I. C. Viabilidade econômica da cana-de-açúcar irrigada no Cerrado brasileiro. 2017.



SILVA, J. L. M. da. Eficiência técnica dos produtores familiares no Projeto de Irrigação do Baixo Açu/RN. 2010.

SILVA, S.; NEVES, E. Importância do manejo da irrigação. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 17, n. 34, 2020.

SOBREIRA, D. B. et al. Heterogeneous regional effects of rural credit on agricultural production in Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 62, n. 4, p. e271082, 2024.

SOSTEN. Brasil é 6º país do mundo com maior área irrigada de lavouras. Sosten, 2024. Disponível em: <https://www.sosten.com.br/brasil-e-6o-pais-do-mundo-com-maior-area-irrigada-de-lavouras-conheca-solucoes-no-uso-da-tecnica>. Acesso em: 25 mai. 2024.

SURENDRAN, U.; JAYAKUMAR, M.; MARIMUTHU, S. Low cost drip irrigation: Impact on sugarcane yield, water and energy saving in semiarid tropical agro ecosystem in India. **Science of the Total Environment**, v. 573, p. 1430-1440, 2016.