

Tecnologias Sociais e Renda: Evidências do Programa Cisternas Segunda Água no Brasil

Lucas Emanuel

Professor da Faculdade de Economia –
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Dieison Casagrande

Professor do Departamento de Economia e Relações Internacionais –
Universidade Federal de Santa Maria (DERI/UFSM)

Carlos Eduardo de Freitas

Professor do Departamento de Economia –
Universidade Federal de Rondonópolis (UFR)

Alex Lima

Pesquisador do Instituto Mauro Borges – (IMB/Goiás)

Fábio Nishimura

Professor do Departamento de Economia –
Universidade Federal de Rondonópolis (UFR)

Felipe Oliveira

Professor da Faculdade de Economia –
Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Área ENABER: Área 17 – Desenvolvimento Rural e Local

Tecnologias Sociais e Renda: Evidências do Programa Cisternas Segunda Água no Brasil *

Lucas Emanuel [†] Dieison Casagrande [‡] Carlos Freitas [§] Alex Lima [¶]
Fábio Nishimura ^{||} Felipe Oliveira ^{**}

Resumo

Embora os programas de apoio às famílias do meio rural estejam em oferta crescente, persiste a falta de evidências sobre a sua efetividade. Motivado por esta lacuna, este artigo investiga os efeitos do Programa Cisternas Segunda Água (PC2A) sobre a renda dos estabelecimentos rurais brasileiros. O PC2A consiste na oferta de tecnologias sociais de acesso à água para a produção de alimentos. Combinamos dados dos estabelecimentos rurais com dados administrativos da intervenção, identificando o status de participação para cada estabelecimento. Usando a estratégia de Diferenças em Diferenças e explorando o período em que os estabelecimentos participam da intervenção, ao longo do período de 2012 a 2021, nossos resultados evidenciam que o PC2A afeta positivamente a renda dos estabelecimentos rurais, ocasionando um aumento de 4.6%. Em adição, resultados significativos também são encontrados sobre a produção. Efeitos heterogêneos mostram que o impacto varia em dimensões regionais e é de magnitude maior para estabelecimentos de baixa renda e de menor tamanho da propriedade. Ainda, a análise de retorno econômico mostra que, em média, para cada real investido no PC2A, tem-se um retorno de aproximadamente R\$ 0.10 centavos. Estes resultados sugerem que o suporte às famílias do meio rural, mediante a oferta de tecnologias sociais, consiste em um importante mecanismo para o desenvolvimento das economias locais.

JEL codes: O13; Q12; Q15; Q18;

Palavras-Chave: Avaliação de Impacto; Cisternas Segunda Água; Tecnologias Sociais;

Abstract

Although programs to support rural families are in increasing supply, there is still a lack of evidence on their effectiveness. Motivated by this gap, this paper analyzes the effects of Second Water Cisterns Program (PC2A) on the income of Brazilian rural establishments. PC2A consists of the provision of social technologies for accessing water for food production. We combined data from rural establishments with administrative data from the intervention, identifying the participation status for each establishment. Using the Differences in Differences strategy and exploring the time in which establishments participate in the intervention, over the period from 2012 to 2021, our results show that PC2A positively affects the income of rural establishments, causing an increase of 4.6%. In addition, significant results are also found on production. Heterogeneous effects show that the impact varies in regional dimensions and is of greater magnitude for low-income establishments and smaller farms. Furthermore, the economic return analysis shows that, on average, for each real invested in PC2A, there is a return of approximately R\$ 0.10 cents. These results suggest that support to families in rural areas, through the provision of social technologies, is an important mechanism for the development of local economies.

Keywords: Impact Evaluation; Second Water Cisterns; Social Technologies;

*Estudo desenvolvido juntamente com o Núcleo de Pesquisas Econômicas e Socioambientais (Nupes/UFMT) em parceria com Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação/Ministério da Cidadania. Os resultados apresentados não representam a opinião dos gestores.

[†]Universidade Federal da Bahia (UFBA), E-mail: lucasmanuel@ufba.br.

[‡]Universidade Federal de Santa Maria (DERI/UFSM). E-mail: dieison.casagrande@ufsm.br.

[§]Universidade Federal de Rondonópolis (UFR), E-mail: carlos.freitas@ufr.edu.br.

[¶]Instituto Mauro Borges - Goiás, E-mail: afelipe_7@hotmail.com.

^{||}Universidade Federal de Rondonópolis (UFR), E-mail: f_nobuo@yahoo.com.br.

^{**}Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), E-mail: felipexresende@gmail.com.

1 Introdução

A agricultura tem desempenhado um papel chave no desenvolvimento econômico global, sendo que, como fornecedora de alimentos, é fundamental para a existência humana (Girma e Kuma, 2021). Ao longo das duas últimas décadas, o Governo Federal, juntamente com a Articulação no Semi-Árido Brasileiro (ASA)¹ e o Serviço de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), tem implementado um conjunto de tecnologias sociais para melhorar a qualidade de vida e o bem-estar das pessoas no meio rural. Tais ações visam contribuir com a Agenda 2030 e o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas (ONU), uma vez que o objetivo 2 da Agenda 2030 visa erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável.

O aumento do acesso a água tem importantes influências em indicadores econômicos e sociais, que são centrais no suporte ao crescimento de médio e longo prazo. O acesso a água garantida e confiável permanece um desafio ao redor do mundo. Em 2015, cerca de 844 milhões de pessoas ainda não possuíam acesso à água potável básica, especialmente nas áreas rurais de países de baixa e média renda (Gomez et al., 2019). Junto a isso, tem-se que, sobretudo em países em desenvolvimento, famílias do meio rural são amplamente expostas a choques climáticos. A escassez de água e a qualidade de água são problemas agudos para milhões de domicílios rurais afetando indicadores em saúde e econômicos. Enquanto que em meios urbanos os sistemas de água encanada em combinação com grandes reservas e aquíferos subterrâneos são soluções viáveis de acesso à água, para famílias vivendo em áreas rurais, de baixa densidade, uma solução econômica de oferta de água ainda está para ser encontrada. A perda excessiva de água em áreas de agricultura familiar reduz a disponibilidade de água e leva à perda de nutrientes valiosos do solo superficial (Biazin et al., 2012). Além disso, em zonas secas, a maior parte da chuva é recebida em um ou dois períodos, portanto, a maior parte das chuvas é desperdiçada e nunca é armazenada como água de armazenamento para uso futuro. As áreas secas sofrem não apenas com chuvas limitadas, mas também com “vazamento natural” - 90% da água da chuva é perdida direta ou indiretamente e não está disponível para agricultura ou uso doméstico. Assim, a instalação de mecanismos de captação de água é uma maneira de baixo custo, fácil de usar e ecologicamente correta de recuperar grande parte dessa água perdida, contribuindo para a redução do estresse hídrico nas principais culturas (Yosef e Asmamaw, 2015).

Na região Nordeste brasileira se encontra o semiárido brasileiro, abrangendo 9 estados com mais de 22 milhões de habitantes rurais espalhados em mais de um milhão de km² e 96% dos domicílios em áreas rurais possuindo sistemas de água e saneamento inadequados ou semi-adequados. A região é povoada por pequenos proprietários rurais dedicados à agricultura dependente da chuva. Para a maioria destas famílias as principais fontes de água são rios intermitentes e pequenos açudes comunitários na base dos morros que enchem durante a estação de chuvas. A vulnerabilidade à seca é muito alta e as famílias enfrentam a escassez de água restringindo seu uso, esgotando suas economias com a compra de água e migrando temporariamente ou permanentemente. Assim, a escassez de água permanece como o principal desafio para esta região, bem como para outras áreas rurais do Brasil. Como resultado, o governo tem investido em políticas de captação de água em pequena escala para garantir a disponibilidade de água, tanto espacial quanto temporalmente, bem como fornecimento de crédito para o investimento na segurança alimentar dos moradores de áreas rurais.

Partindo desse contexto, o presente estudo investiga os impactos sobre a renda dos estabelecimentos rurais do Programa Cisternas-Segunda Água (PC2A). Este programa busca prover acesso a água para pequenos e micro agricultores, por meio da instalação de cisternas rurais, aliada à capacitação dos beneficiários, visando amenizar os efeitos decorrentes da aridez da região semiárida. Busca-se analisar os efeitos sobre os indicadores de renda dos agricultores familiar, com base em

¹ Através de uma rede de articulação política com mais de mil entidades, a qual representa uma parcela significativa da sociedade civil no contexto do semiárido, incluindo ONGs, sindicatos de trabalhadores rurais, cooperativas, movimentos sociais, pastorais, associações, igrejas etc (Aguiar et al., 2019).

microdados do MAPA. Por fim, diversos testes de robustez foram realizados visando fortalecer a interpretação dada ao efeito estimado.

Em sua ampla dimensionalidade, a implementação de cisternas está relacionada à um ciclo virtuoso de desenvolvimento social, econômico e ambiental, sendo uma importante política pública que almeja a redução da pobreza, a busca pela segurança alimentar, a melhora do bem-estar da população, a geração de renda e ampliação da cidadania e a adaptação às mudanças climáticas (Santana e Rahal, 2020). No entanto, apesar do entusiasmo em torno do potencial papel que a oferta de água, particularmente em regiões pobres e de elevada vulnerabilidade socio-econômica, desempenha sobre os beneficiários, existem evidências limitadas acerca dos seus efeitos econômicos.

Neste estudo, estudamos como uma política que oferta tecnologias de armazenamento de água no meio rural influencia a renda dos estabelecimentos rurais. Para tanto, exploramos dados administrativos sobre o conjunto de estabelecimentos rurais do Brasil beneficiados pelo programa no período de 2012 a 2021. Combinamos as bases de dados com informações longitudinais dos estabelecimentos rurais, disponíveis para o período de 2007 a 2016. Complementamos esta análise com informações de características dos municípios, com base no censo demográfico de 2010. De maneira similar a outros programas ou intervenções no meio rural, uma preocupação importante é com relação a efetividade deste programa, especialmente em países de baixa renda, com público focal residente em locais de elevada vulnerabilidade.

A estratégia empírica implementa o método de estimação de Diferenças em Diferenças (DD), que contempla uma estrutura de apenas indivíduos tratados. Especificamente, a presente análise compara a renda dos estabelecimentos rurais beneficiados até 2016, com este mesmo indicador para os estabelecimentos futuramente beneficiados, no período de 2007 a 2016. Portanto, nossa amostra não contém estabelecimentos rurais não tratados, de modo que todos são eventualmente tratados, embora em diferentes momentos no tempo. Essa comparação evita, pelo menos em parte, a endogeneidade relacionada a seleção para tratamento.

Nossos resultados são relevantes para a crescente literatura acerca dos impactos econômicos de tecnologias de acesso à água. A oferta de água para a população vulnerável possui impactos diretos sobre a qualidade de vida, com melhorias em indicadores socioeconômicos e indicadores de saúde. Jalan e Ravallion (2003), Gamper-Rabindran et al. (2010), Rocha e Soares (2015) e Da Mata et al. (2021) investigam os efeitos de acesso à água sobre indicadores de saúde, especialmente saúde infantil. Estas evidências apontam para uma redução na ocorrência de doenças associadas ao consumo de água e de mortalidade infantil associada ao consumo de água de melhor qualidade. Em especial, Da Mata et al. (2021) evidenciam que o acesso às cisternas durante as primeiras semanas da gravidez aumentou o peso ao nascer das crianças, principalmente em mulheres mais escolarizadas.

Este estudo contribui com a literatura sobre irrigação em países em desenvolvimento. Como apontam Grum et al. (2016), as técnicas de captação de água melhoram a disponibilidade de água, fator essencial para o cultivo de culturas, especialmente em áreas áridas e semiáridas. Portanto, este estudo está relacionado a crescente literatura que explora os efeitos da oferta de técnicas de coleta e armazenamento de água sobre a produção rural.

Especificamente com relação ao armazenamento de água em regiões de instabilidade climática e vulnerabilidade econômica, este processo possibilita o desenvolvimento de atividades produtivas, até então inibidas pela escassez hídrica, que permite a expansão da produção e da renda familiar rural. No que compete à efeitos sobre a produção em regiões áridas ou semiáridas, Duflo e Pande (2007) e Embaye et al. (2020) analisam os impactos do acesso à água para produção sobre o desenvolvimento local. Duflo e Pande (2007) investigam os impactos da construção de grandes barragens na Índia. Os resultados mostram que em um distrito onde é construída uma barragem, a produção agrícola não aumenta, mas sim a pobreza. Por outro lado, os distritos localizados a jusante da barragem se beneficiam do aumento da irrigação, mediante o aumento da produção agrícola e redução pobreza. Embaye et al. (2020), em estudo para a Etiópia, mostram que as tecnologias de captação de água influenciaram positivamente a renda agrícola dos beneficiados, levando, por sua vez, a maiores gastos

na economia local. Similar a estes estudos, nossos resultados mostram que a oferta de água no meio rural aumenta a renda dos estabelecimentos rurais.

Hornbeck e Keskin (2014) exploram uma mudança histórica no uso de lençóis freáticos (“*Ogallala Aquifer*”) nos Estados Unidos para observar como a agricultura se adapta no curto e longo prazo à disponibilidade de recursos hídricos e à ameaça de seca. Os resultados empíricos mostram que o acesso às águas subterrâneas aumentou o valor das terras agrícolas e inicialmente, reduziu o impacto das secas. No longo prazo, o uso da terra se ajustou às culturas com uso intensivo de água e maior sensibilidade à seca. **Sekhri (2014)** evidencia que o aumento no custo de acesso à água subterrânea em Uttar Pradesh, na Índia, está correlacionado com aumento da pobreza e de conflitos. **Blakeslee et al. (2020)** mostram que as famílias rurais sofrem um declínio dramático no rendimento agrícola após a perda de acesso à água subterrânea devido à secagem ou a falha do seu poço. No entanto, os autores mostram que as famílias buscam fontes alternativas de renda, especialmente fora da agricultura.

Apesar de um conjunto de estudos empíricos que avaliam os micro impactos sobre a renda das famílias rurais, pouco se sabe acerca do retorno econômico destas políticas. Portanto, em um segundo momento, utilizamos os resultados econométricos para efetuar análise e retorno econômico.

Os resultados encontrados pelo presente estudo evidenciam que ser beneficiado pelo Programa Cisternas 2ª Água gera um aumento na renda familiar na ordem de 4.6%, comparando-se estabelecimentos rurais tratados com o grupo de comparação. Em adição, resultados significativos também são encontrados sobre a produção. Efeitos heterogêneos mostram que o impacto varia em dimensões regionais e é de magnitude maior para estabelecimentos de baixa renda e de menor tamanho da propriedade. Ainda, a análise de retorno econômico mostra que, em média, para cada real investido no PC2A, tem-se um retorno de aproximadamente R\$ 0.10 centavos.

O restante do estudo está estruturado como segue. A seção 2 apresenta características importantes do programa. A seção 3 explora a base dados e a seção 4 apresenta a estratégia empírica. Na seção 5 são apresentados os resultados e discussões e efetua-se uma análise de retorno econômico do programa. Por fim, a seção 6 conclui.

2 Contexto Institucional

Ao longo dos anos, diversas políticas públicas foram implementadas pelo governo federal com o intuito de ajudar a amenizar as dificuldades decorrentes da seca, sobretudo, na região do semiárido brasileiro. **Passador e Passador (2010)** classificam essas intervenções do Estado em três períodos. No primeiro período, de 1877 à década de 1950, a atuação do governo se dava através de “medidas de salvação”, isto é, o governo concentrava os esforços na distribuição de alimentos para a população que migrava para as capitais e para as famílias que permaneciam na região, bem como, na construção de grandes açudes, poços e barragens. Em um segundo momento, período entre as décadas de 1950 e 1970, o governo atuou por meio da criação de instituições de planejamento e órgãos de financiamento, tais como o Banco do Nordeste e a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), que efetuavam planos e programas voltados para o aproveitamento racional dos recursos hídricos da região. No terceiro período, da década de 1970 aos dias atuais, o governo desenvolveu diversos programas para sanar as questões relativas a falta de água, com ações voltadas para a agricultura irrigada, dentre estes destacam-se o Proterra (1971), Projeto Sertanejo (1976), Prohidro (1979), Programa de Irrigação do Nordeste (PROINE, 1986), Programa Nacional de Irrigação (PRONI, 1986) e, por último, o Programa um milhão de cisternas (2001), e conseqüentemente, o Programa Cisterna Segunda Água.

A literatura nacional tem investigado, sobretudo, o impacto de melhorias no sistema de água (englobando o efeito da expansão da rede de abastecimento de água, qualidade da água e tratamento de esgoto) sobre a saúde infantil, priorizando e valorizando a identificação dos principais efeitos e seus mecanismos. Apesar dos fortes investimentos em infraestruturas de captação de água em áreas agrícolas, as evidências quanto ao impacto sobre a renda dos beneficiados, tanto no Brasil quanto em

outros países, ainda permanece escassa.

O desenvolvimento e a disseminação de novas tecnologias agrícolas são vistos como uma forma de aumentar a produtividade nas 475 milhões de pequenas fazendas (<2 ha) do mundo, muitas das quais em países de baixa e média renda (Lowder et al., 2016). Os especialistas em desenvolvimento geralmente concordam que o desenvolvimento responsável da agricultura é um elemento-chave para abordar, pelo menos, alguns dos principais objetivos para o cumprimento do desenvolvimento sustentável. Desde meados do século 20, a comunidade internacional tem dedicado uma quantidade significativa de recursos para desenvolver tecnologias que aumentem os rendimentos, reduzam a exposição a choques ambientais, produzam culturas mais nutritivas, reduzam as necessidades de trabalho humano e promovam a sustentabilidade a longo prazo; estima-se que em 2011 os gastos globais em P&D agrícola totalizaram aproximadamente US\$ 70 bilhões (2009 PPP\$) (Pardey et al., 2016).

Apesar do alto volume de investimentos, conforme já destacado, poucos estudos buscaram avaliar os impactos de tais equipamentos sobre os indicadores de renda das famílias beneficiadas por tais tecnologias. Dentre estes, Embaye et al. (2020), por meio de uma pesquisa com 781 domicílios, avaliaram os efeitos de uma política que garantiu o acesso à água para produção agrícola através de tecnologias de captação de água na Etiópia. Com base em análise de diferença de média e de *propensity score matching*, os resultados obtidos indicam que as tecnologias de captação de água influenciaram positivamente a renda agrícola dos beneficiados, levando, por sua vez, a maiores gastos na economia local. Os autores ainda destacam que a embora a tecnologia do tipo barragem tenha resultado uma maior geração de renda, foi a mais cara em termos de custo de investimento inicial. Assim, levando em consideração os critérios técnicos gerais, o desvio fluvial foi considerado a tecnologia mais produtiva da região.

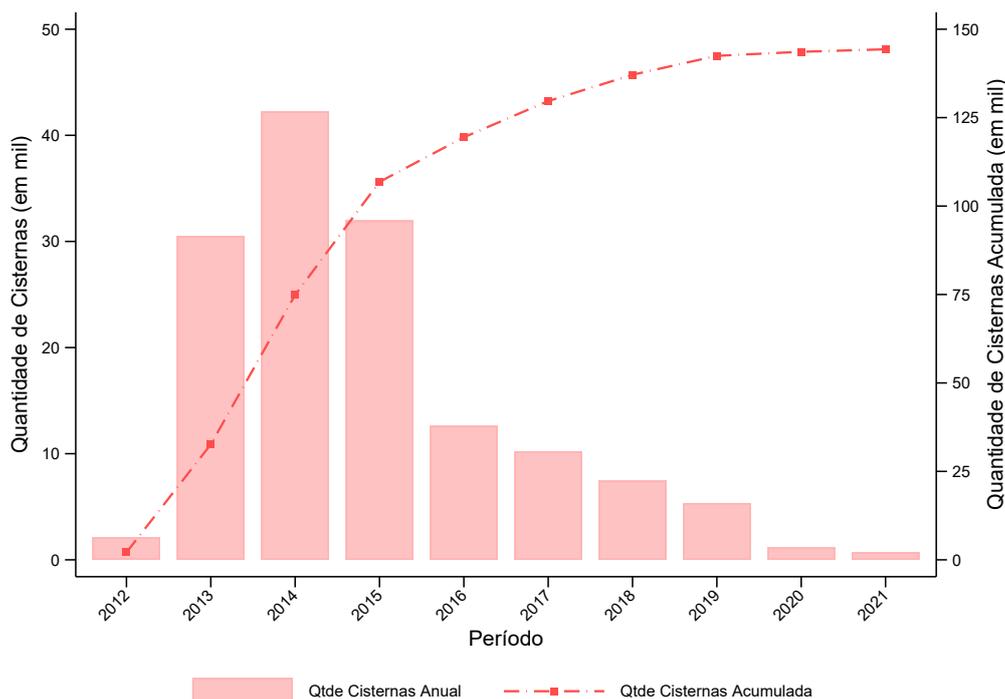
O Programa Cisternas para produção de alimentos consiste em uma ação central à estratégia do Governo Federal de inserção produtiva de famílias em situação de vulnerabilidade. O Programa Cisternas - Segunda Água é focalizado no Semiárido, por conta das secas frequentes e prolongadas da região, que geram insegurança no acesso à água e alimentos. Em 2011, o governo brasileiro ampliou iniciativas prévias de construção de cisternas domésticas de captação de água de chuva para consumo humano, e passou a apoiar a construção de cisternas de maior capacidade, para a produção de alimentos. Esse programa ficou conhecido como Programa Cisternas - Segunda Água, e busca aumentar o acesso à água para pequenos e micro agricultores, aumentando a resiliência das famílias em situação de pobreza a choques climáticos. As famílias beneficiárias recebem não apenas a infraestrutura de armazenamento de água (cisterna), mas também um capital para ser investido no aumento da sua produção agropecuária, além de treinamentos em técnicas de gestão da água. Além disso, o programa busca empoderar as mulheres, beneficiando sua participação na produção doméstica, reduzindo assim o desequilíbrio intra-familiar na geração de renda e na tomada de decisões.²

Ao longo dos últimos anos, o Programa Cisternas tem se consolidado como uma das principais políticas públicas para o desenvolvimento sustentável no país, além do seu objetivo principal de garantir acesso à água para a população rural de baixa renda, apresenta impactos econômicos, sociais e ambientais (Santana e Rahal, 2020). O Programa Cisternas Segunda Água – Água para Produção – consiste na implantação de tecnologias sociais de captação de água da chuva com a finalidade de apoiar a produção agrícola e a criação de pequenos animais. De 2012 a 2021, o PC2A já beneficiou cerca de 143,700 unidades familiares de produção com a construção de cisternas para a captação da água das chuvas, para a sua posterior utilização para a produção agrícola.

Na Figura 1, destaca-se essa evolução de estabelecimentos beneficiados ao longo do tempo. A linha pontilhada destaca o número acumulado de beneficiários ao longo do tempo, ao passo que as barras mostram os beneficiários ano a ano. Percebe-se que o ápice do programa se deu em 2014, quando mais de 42 mil cisternas foram construídas. A partir de 2016, embora a literatura seja enfática em demonstrar os resultados positivos da sua construção, a quantidade construída foi diminuindo.

²Embora o foco principal do PC2A seja a região do semi-árido, famílias de baixa renda do Rio Grande do Sul também foram beneficiadas.

Figura 1: Quantidade de Cisternas (2012-2021)



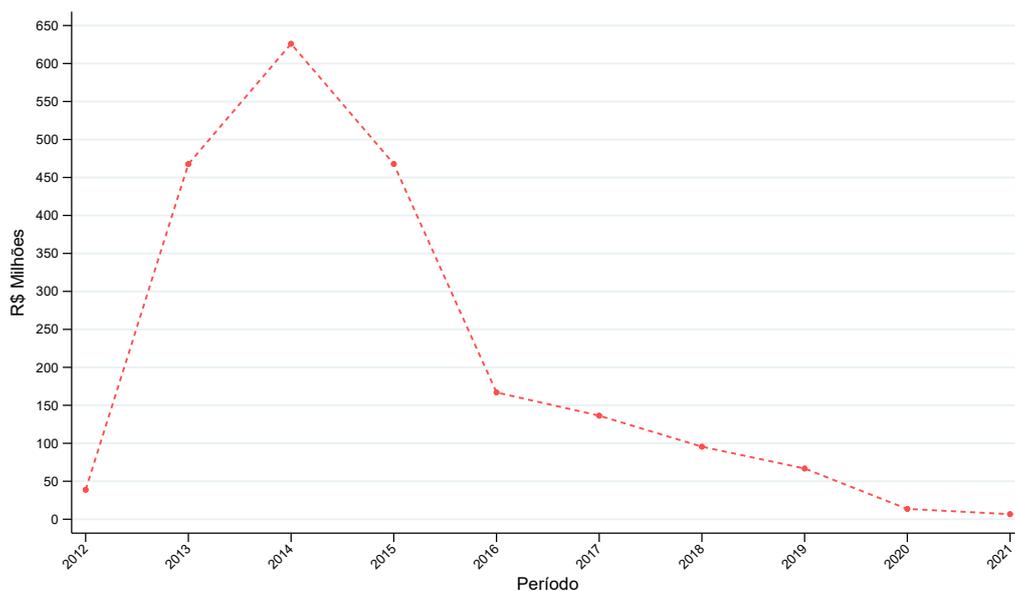
Notas: Elaboração própria com base nos dados administrativos do PC2A.

Com relação aos custos associados a execução do Programa, inicialmente destaca-se que cada tecnologia de construção possui um custo específico. Para o levantamento dos custos associados a construção das cisternas, foi adotada a estratégia descrita a seguir. Por meio de Instruções Operacionais (IO) de 2013 a 2021, o Ministério da Cidadania (mediante a Secretaria Especial do Desenvolvimento Social) fornece uma cartilha de itens que são inclusos na construção de cada equipamento, sendo possível então, identificar os custos específicos para cada tecnologia social e localização.³ Assim sendo para alcançar o custo total de execução do programa com a construção das cisternas apura-se o custo individual e multiplica-se pela quantidade construída em cada período. Com base nesta metodologia, apura-se um custo médio para cada equipamento de R\$ 14.466,80, variando de R\$ 7.887,40 a R\$ 22.237,10, a depender da tecnologia social empregada e do Estado da federação que a mesma está instalada (em valores reais para o ano de 2020).

Na Figura 2, apresenta-se o montante de recursos financeiros alocados para a construção das cisternas. Em consonância com a Figura anterior, os maiores investimentos são verificados entre o período 2013-2015, época de ampla expansão da política. Ao longo do tempo, foram investidos aproximadamente 2 bilhões de reais (em valores de 2020). No entanto, desde o seu auge, com aproximadamente R\$ 630 milhões em 2014, os recursos federais investidos no Programa encolheram mais de 96% em seis anos, atingindo o valor de R\$ 13,5 milhões em 2020.

³As IO podem ser acessadas no sítio <http://mds.gov.br/assuntos/seguranca-alimentar/acesso-a-agua-1/marco-legal-1>.

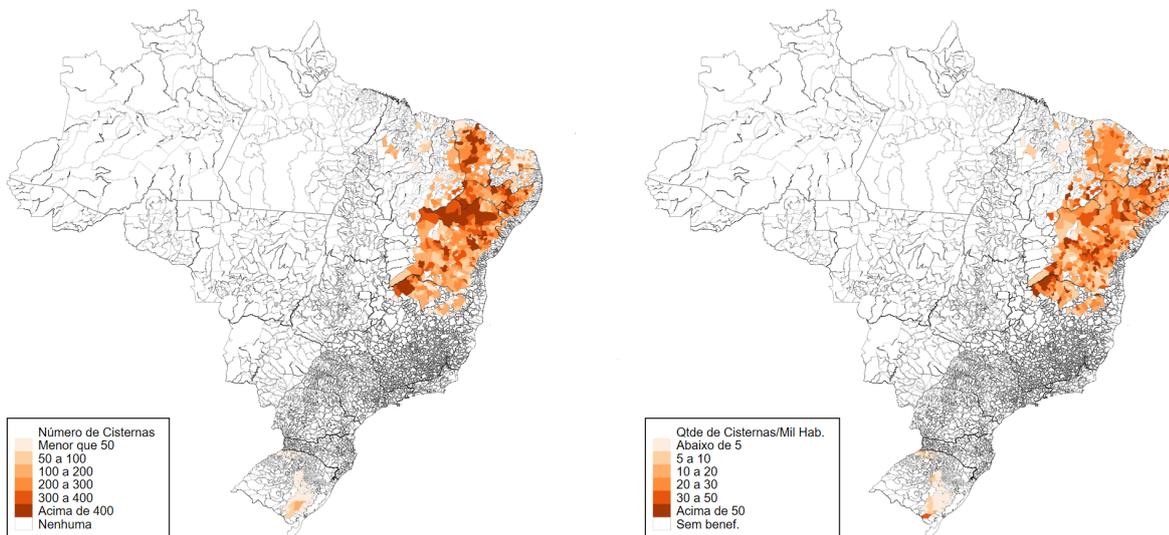
Figura 2: Custos Programa Cisternas Segunda Água (2012-2021)



Notas: Elaboração própria com base nos dados administrativos do PC2A.

De acordo com dados administrativos do programa, são 925 municípios atendidos, com grande concentração no semiárido, conforme ilustrado na Figura 3, a seguir. A grande concentração no semiárido brasileiro justifica-se, uma vez que a região possui elevadas temperaturas onde o regime pluvial é altamente irregular, com longos períodos secos e chuvas concentradas em poucos meses do ano.

Figura 3: Distribuição geográfica do PC2A entre os municípios



Notas: Elaboração própria com base nos dados administrativos do PC2A.

Na imagem da esquerda na Figura 3 verificamos a distribuição espacial dos municípios que possuem estabelecimentos rurais com a construção de cisternas, de modo que representa-se a quantidade de cisternas por município. Já, na imagem da direita, plota-se a quantidade de cisternas por mil habitantes do meio rural em cada município.

Na Tabela 1, apresenta-se a distribuição geográfica da construção das cisternas, enfatizando a representatividade estadual em seu total anual. Nesse sentido, destaca-se que cerca de 70% das cisternas foram construídas nos estados da Bahia, Ceará e Pernambuco.

Tabela 1: Distribuição geográfica das Cisternas (%) – 2012 a 2021

Ano	Estados											Total
	AL	BA	CE	MA	MG	PB	PE	PI	RN	RS	SE	
2012	13.89	2.70	43.81	0.00	0.00	0.00	17.73	0.00	21.86	0.00	0.00	2,109
2013	8.94	37.32	12.18	0.00	5.19	2.41	27.05	2.89	2.83	0.00	1.19	30,511
2014	3.63	36.21	15.36	0.00	5.91	4.00	23.67	4.97	5.35	0.01	0.89	42,247
2015	9.86	36.81	18.98	0.00	4.79	5.78	11.20	6.45	4.93	0.41	0.79	31,963
2016	1.33	51.89	13.60	0.10	3.74	7.21	11.72	2.38	2.74	4.34	0.95	12,616
2017	12.68	37.88	14.58	5.67	5.29	6.07	14.77	0.00	0.94	2.12	0.00	10,228
2018	19.21	37.76	0.91	4.41	12.91	2.97	16.66	0.00	3.03	0.76	1.37	7,453
2019	6.19	30.90	29.57	1.87	9.90	0.52	9.60	0.00	3.70	5.44	2.30	5,346
2020	0.00	27.87	22.65	1.13	2.79	0.00	0.00	0.00	17.16	18.99	9.41	1,148
2021	8.53	51.92	20.77	0.00	0.00	0.00	1.14	0.00	0.00	5.69	11.95	703

Notas: Elaboração própria com base nos dados administrativos do PC2A.

O PC2A, via a implementação de tecnologias sociais de captação e armazenamento de água da chuva para a produção agropecuária, em propriedades de agricultores familiares do Semiárido brasileiro, emprega diversos tipos de tecnologias, dos quais destacam-se: cisterna calçadão, cisterna de enxurrada, barragem subterrânea e barreiros trincheiras, com capacidade para até 52 mil litros de água.

Dentre as tecnologias, conforme verifica-se na Tabela 2, a mais comum é a chamada cisterna-calçadão, com capacidade para armazenar 52 mil litros de água a partir de uma área de captação de 200m² construída exclusivamente para esse fim. Cerca de 33% das cisternas possuem esta característica. Em seguida, destaca-se a tecnologia Enxurrada (23.5%).

Tabela 2: Diferentes tecnologias de construção das Cisternas (%) – 2012 a 2021

Ano	Tecnologias						
	Calçadão	Enxurrada	B.Trin. Familiar	Aprisco/Telhado	B.Trin. Coletivo	Barragem Subterrânea	Outras
2012	17.73	44.10	4.13	12.00	0.00	21.86	0.19
2013	39.82	24.13	16.61	4.93	6.70	1.57	6.25
2014	43.26	28.57	16.07	0.01	6.33	3.41	2.34
2015	36.67	26.11	20.47	7.33	2.67	5.25	1.50
2016	36.71	22.73	21.42	0.44	1.85	1.17	15.68
2017	39.11	18.48	18.63	16.77	0.00	0.57	6.45
2018	45.65	1.49	22.90	26.92	0.00	2.27	0.78
2019	32.87	28.58	17.21	11.19	0.00	3.70	6.45
2020	28.40	21.86	23.34	3.83	0.00	2.79	19.77
2021	12.66	19.20	60.88	0.00	0.00	0.00	7.25
Média	33.29	23.53	22.17	8.34	1.75	4.26	6.67

Notas: Elaboração própria com base nos dados administrativos do PC2A.

3 Base de Dados

Efetuar a avaliação de políticas de auxílio à agricultura no Brasil esbaram na disponibilidade de bases de dados com informações do setor. Para a elaboração do desenho desta avaliação, foram utilizadas bases de dados administrativos individuais e longitudinais. Portanto, para investigar os efeitos do Programa Cisternas Segunda Água sobre a renda dos agricultores familiares, utilizamos dados administrativos da Declaração Anual de Aptidão ao Pronaf (DAP) do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) e de cadastro do programa, do Ministério da Cidadania (MC). A primeira base abrange o período de 2007 a 2016, enquanto que a segunda abrange o período de 2012 a 2021. Adicionalmente, complementamos esta base de dados com informações invariantes no tempo pré-tratamento, ao nível de municípios, com base no Censo do IBGE.

A unidade de análise principal é a Unidade de Produção Rural (UPR), identificada pelo número do Cadastro de Pessoas Físicas (CPF). Embora a base de dados da DAP possua importantes informações sobre os estabelecimentos rurais, sua maior limitação é que não é atualizada de forma contínua, fazendo com que o painel de dados construído seja desbalanceado.

Com o intuito de construir um painel de agricultores, ou seja, observar os mesmos indivíduos ao longo do tempo, utilizamos as informações destas distintas bases. Ambas as bases são cruzadas com base no CPF dos proprietários dos estabelecimentos. Primeiro, utiliza-se os microdados do MAPA para construir todas as informações a nível de unidade de familiar ao longo do tempo, permitindo uma estrutura de painel. Os microdados da DAP são um registro oficial dos agricultores no Brasil. Dentre as informações disponíveis, tem-se o CPF e número da DAP do titular e de um segundo responsável, a data de emissão, idade do responsável, número de residentes e o número de membros que trabalham dentro do estabelecimento, área do estabelecimento, número de empregados contratados, a atividade econômica, a condição de posse do estabelecimento, o valor bruto da produção e a renda obtida dentro do estabelecimento rural.⁴ Dentre o período 2007-2016, cerca de 6.7 milhões de estabelecimentos rurais estão identificados.

Em seguida, utilizamos os microdados do MC que reportam os agricultores beneficiados pelo PC2A. Tal base contém um conjunto detalhado de informações com relação a implementação do programa ao longo do período de 2012 a 2021, identificando os beneficiários via CPF. Dos microdados administrativos do Programa Cisternas, destaca-se as seguintes informações: data da construção, escolaridade, tecnologia social e o órgão executor.

Com o objetivo de controlar por características dos municípios que podem estar correlacionadas tanto com a adesão das famílias ao programa quanto com a renda, coletamos informações socioeconômicas a nível municipal, para o ano de 2010, a saber: taxa de analfabetismo da população de 18 anos ou mais de idade, percentual da população de 25 anos ou mais com superior completo, Índice de Gini, proporção de pobres, renda per capita média, percentual dos ocupados no setor agropecuário, taxa de desocupação da população de 18 anos ou mais de idade, percentual da população que vive em domicílios com energia elétrica, população rural, população de 10 anos ou mais de idade, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, População economicamente ativa de 10 anos ou mais de idade temperatura média, volume de chuva, distância até a capital e indicativo da região do semiárido.

O principal indicador de resultado de interesse é a renda do estabelecimento rural, cujos valores são deflacionados para o período de 2020. Assume-se o log da renda do estabelecimento rural, definido pelo logaritmo natural de um mais o valor do rendimento.

⁴Atividades: Agricultor, Artesão, Extrativista, Pecuário, Silvicultor, Turismo Rural, Pescador e Outros. Condições de posse da terra do estabelecimento: Assentado PNRA, Arrendatário, Beneficiário Financiamento, Comodatário, Meeiro, Parceiro, Posseiro, Proprietário, Uso coletivo e outras.

3.1 Amostra de análise

Com o objetivo de identificar o efeito do programa PC2A sobre a renda dos beneficiários, são necessários alguns filtros na base de dados, devido a características das informações disponíveis. Inicialmente, uma unidade familiar é definida como tratada se foi beneficiada do PC2A, no período de 2012 a 2016. Restringimos nossa base para estabelecimentos familiares que são observados, ao menos, em dois períodos no tempo e que não possuem informações faltantes para o indicador de interesse, em qualquer período do tempo.⁵ Especialmente para o grupo de tratados, esta restrição torna-se mais rígida, forçando a existência de pelo menos um período pré tratamento.

Portanto, nosso período de análise compreende os anos 2007 a 2016, devido a restrições na base de dados, sendo o período disponível nos microdados que nos permite observar a renda e demais características individuais relevantes.

De posse da informação da data em que a unidade familiar foi beneficiada pelo programa, exploramos esta data para a definição dos grupos de tratamento e controle. Conforme apresentado na Figura 1, os primeiros beneficiários do programa foram em 2012, se espalhando até o de 2021. A amostra final consiste de qualquer unidade familiar beneficiada ao longo desse período. No entanto, o grupo de estabelecimentos que foram beneficiados entre 2012 e 2016 consiste no grupo de tratamento, ao passo que os beneficiados em períodos posteriores contemplam o grupo de controle, uma vez que é possível observar os indicadores de interesse apenas para o período 2007-2016. Intuitivamente, com esta estratégia, estaremos analisando apenas indivíduos que se auto-selecionaram para a participação dos programas, distinguindo apenas no período de entrada, tornando os grupos mais similares. Atendendo à estas restrições, nossa amostra final para a análise do PC2A contém 34,210 estabelecimentos rurais, sendo 22,602 unidades no grupo de tratamento e 11,608 no grupo de comparação.

4 Estratégia Empírica

O objetivo deste estudo é estimar o efeito causal do Programa Cisternas Água para a Produção sobre a renda das famílias. Para tanto, utilizam-se dados de 2007 a 2021, de modo que possuímos um longo período pré e pós início do programa. O cenário ideal para a identificação dos efeitos do programa seria efetuar a comparação da renda de cada estabelecimento rural participante do programa com seu contrafactual, caso não tivesse participado do programa. Uma vez que este contrafactual não é observado e a alocação para a participação nos programas é não aleatória, utiliza-se métodos não experimentais para a estimação do efeito.

Para analisar a resposta a participação no programa pelos estabelecimentos beneficiados, estimamos um modelo de Diferenças em Diferenças (DiD) para a amostra de famílias tratadas (participantes do programa). Isto significa que a amostra contempla apenas famílias que foram beneficiadas ao longo do tempo. A presente estratégia utiliza a heterogeneidade no período de entrada para identificar os efeitos do programa. Uma vantagem do programa é o *roll-out* escalonado de entrada ao longo do tempo, que gera uma variação no status do tratamento. Como em um DiD tradicional com múltiplos períodos, famílias que ainda não participaram do programa funcionam como um grupo de comparação para as famílias que já participaram. Em adição, o desenho aqui explorado utiliza-se também do fato que os estabelecimentos rurais beneficiados de 2017 a 2021 são utilizados como grupo de controle para as estimações ao longo do período de 2007 a 2016. A utilização de um painel apenas de estabelecimentos tratados implica em um tamanho amostral menor, mas alivia a preocupação com relação a seleção aos programas.

A utilização do método DiD permite lidar com a endogeneidade relacionada aos efeitos não observados que são invariantes no tempo. A credibilidade do estimador DiD depende da suposição

⁵Esta é uma preocupação relevante, uma vez que cerca de 20% dos estabelecimento rurais apresentam informações faltantes nos microdados da DAP.

que, na ausência do tratamento, a média dos indicadores de interesse para os dois grupos (tratamento e controle) teria seguido tendências paralelas ao longo do tempo.

A especificação empírica que examina os efeitos do programa sobre a renda dos estabelecimentos rurais é dada por:

$$Y_{imt} = \alpha_0 + \beta_1 PC2A_{imt} + \theta_1 X'_{imt} + \alpha_i + \alpha_t + \alpha_{mt} + \epsilon_{imt} \quad (1)$$

onde Y_{imt} representa a renda da unidade familiar i , no município m no período t . $PC2A_{imt}$ é uma variável *dummy* que indica se a unidade familiar i no município m no ano t tem sido beneficiada pelo Programa Cisternas. $PC2A_{imt}$ é sempre iguais a zero para unidades familiares que nunca foram beneficiadas. O termo α_t é um efeito fixo de tempo, que captura tendências comuns para todas as unidades familiares, α_i é o efeito fixo de unidade familiar, que captura efeitos de variáveis não observáveis e invariantes no tempo das unidades familiares i . α_{mt} captura tendências lineares específicas para as unidades da federação/municípios, de modo que amenizam a preocupação que municípios com governantes mais efetivos e organizados criaram simultaneamente programas de apoio às famílias residentes no meio rural. ϵ_{imt} é o termo de erro, clusterizado ao nível de unidade familiar para levar em consideração a correlação serial na variável de interesse. Esta estratégia de identificação, utilizando um painel como efeitos fixos de unidade familiar e tempo, possibilita resolver problemas de endogeneidade com relação a variáveis não observáveis fixas no tempo das unidades familiares.

Em adição ao conjunto básico de variáveis, o vetor X'_{imt} contempla um conjunto de características adicionais ao nível de indivíduos e/ou municípios, variantes ou invariantes no tempo. As características das unidades familiares são: número de residentes e o número de membros que trabalham dentro do estabelecimento, área do estabelecimento, número de empregados contratados, *dummies* para a atividade econômica e *dummies* para a condição de posse do estabelecimento, conforme descritas na seção anterior. Em adição, o termo X'_{imt} contempla características ao nível de municípios invariantes no tempo, conforme descrito na seção anterior. Também incluímos variáveis com condições climáticas. Dentre estas características, destaca-se a temperatura, índice de chuva e se pertence a região do semiárido.

O parâmetro de interesse é β_1 , que capturam o impacto do $PC2A$ sobre a renda familiar. Também apresentamos especificações com diferentes amostras, que controlam por tendências temporais específicas e características dos municípios *baseline* interagidas com efeitos fixos temporais.

5 Resultados

O objetivo desta seção é apresentar os principais resultados dos efeitos do PC2A sobre a renda dos estabelecimentos rurais. O amplo debate na literatura aponta para efeitos diretos e indiretos da relação entre programas de acesso a água para estabelecimentos rurais sobre indicadores dos estabelecimentos rurais. Aqui, analisa-se o efeito direto do programa.

Inicialmente, a Tabela 3 apresenta uma visão geral das características das unidades familiares e dos municípios que estão presentes nas estimações, que serão apresentadas a seguir. Estas estatísticas são apresentados para todo o período em análise, ou seja, de 2007 a 2016, e contemplam 86,879 estabelecimentos rurais e 971 municípios. Dentre as características dos estabelecimentos rurais, destaca-se a renda média anual de R\$ 9,295.61 e um valor médio da produção anual dentro do estabelecimento de R\$ 7,411.14. As atividades rurais são desenvolvidos em uma área média de 18.13 hectares. Além destas informações, nota-se que cerca de 81% dos estabelecimentos tem como atividade principal a agricultura e, com relação a posse da terra explorada, cerca de 44% são proprietários.

A Tabela 4 apresenta as estimativas do efeito do PC2A sobre a renda dos estabelecimentos rurais, com base na equação 1, sendo estes indicadores os efeitos diretos da participação no programa sobre os indicadores individuais. A coluna (1) é baseada em uma especificação que ajusta apenas para os efeitos fixos individuais e temporais. O coeficiente estimado implica que ser beneficiado

Tabela 3: Estatísticas descritivas – PC2A

	(1)	(2)	(3)
	Média	Desvio padrão	Mediana
Características dos estabelecimentos rurais			
Renda (em R\$)	9,295.61	14,274.81	4,477.35
Produção (em R\$)	7,411.14	12,747.24	3,382.01
Área (ha)	18.13	28.27	8.00
Residentes (n°)	4.0988	1.8668	4.0000
Trabalhadores (n°)	0.8296	19.9458	
Empregados contratados (n°)	0.1679	0.3773	
Idade (chefe do estabelecimento)	44.5738	12.4685	
<i>Atividade (%)</i>			
Agricultor	0.8079	0.3939	
Pecuarista	0.1832	0.3868	
Pescador	0.0031	0.0557	
Extrativista	0.0024	0.0489	
<i>Posse da terra (%)</i>			
Proprietário	0.4383	0.4962	
Posseiro	0.1915	0.3935	
Arrendatário	0.0598	0.2372	
Parceiro	0.0980	0.2973	
Comodatário	0.1082	0.3106	
Características dos Municípios			
Taxa de analfabetismo (%)	28.4427	7.9720	
% Superior Completo	3.4525	1.8106	
Índice de Gini	0.5217	0.0490	
% de vulneráveis à pobreza	39.8169	11.7268	
% dos ocupados no setor agropecuário	45.6412	14.9453	
Taxa de desocupação 18 anos ou mais (%)	7.4103	3.6408	
Domicílios com Energia Elétrica (%)	96.3318	6.2666	
População rural	8,563.99	7,327.67	
IDHM	0.5976	0.0450	
PEA - 10 anos ou mais	10,359.85	22,761.63	
Volume de chuva (mm/dia)	4.2183	0.2773	
Temperatura média anual (°C)	24.2638	2.1268	

Notas: Elaboração própria com base nos dados administrativos do PC2A. Número de observações para as características dos indivíduos: 86.879. Para os municípios: 971.

pelo programa resultou em um aumento estatisticamente significativo de 0.04445 pontos percentuais na renda anual. Nas colunas (2) a (4) incluímos um conjunto de controles ao nível de indivíduos variantes no tempo e diferentes tendências, sendo que, em linhas gerais, o coeficiente estimado é sempre significativo ao nível de 1% e similar entre as especificações. Na coluna (2) adicionamos as seguintes características dos estabelecimentos rurais: número de residentes e o número de membros que trabalham dentro do estabelecimento, área do estabelecimento, número de empregados contratados, *dummies* para a atividade econômica⁶ e *dummies* para a condição de posse do estabelecimento⁷. Nas colunas (3) e (4) acrescenta-se tendências lineares específicas para as unidades da federação e municípios, respectivamente.

Portanto, para a interpretação dos resultados e análise econômica, considera-se a especificação mais completa, que controla as características dos indivíduos que variam no tempo e tendências lineares temporais específicas dos municípios (Coluna 4). O coeficiente estimado para o efeito do PC2A sobre o logaritmo da renda anual dos estabelecimentos é igual a 0.045. Em termos percen-

⁶Atividades: Agricultor, Artesão, Extrativista, Pecuarista, Silvicultor, Turismo Rural, Pescador e Outros.

⁷Condições de posse da terra do estabelecimento: Assentado PNRA, Arrendatário, Beneficiário Financiamento, Comodatário, Meeiro, Parceiro, Posseiro, Proprietário, Uso coletivo e outras.

Tabela 4: Efeito do PC2A sobre a renda das unidades familiares

	(1)	(2)	(3)	(4)
Benef. PC2A	0.0445*** (0.0169)	0.0506*** (0.0167)	0.0560*** (0.0167)	0.0450*** (0.0167)
N. de Observações	86,879	86,879	86,879	86,879
<i>Efeitos Fixos Indivíduo</i>	X	X	X	X
<i>Efeitos Fixos Ano</i>	X	X	X	X
<i>Controles</i>		X	X	X
<i>Tendência Linear Estado</i>			X	
<i>Tendência Linear Município</i>				X
N. de Beneficiários	22,602			

Notas: Esta tabela mostra o efeito da participação no PC2A sobre os indicadores de interesse com base na Equação 1. Cada célula reporta o coeficiente de uma regressão separada. Os erros-padrão são clusterizados ao nível de agricultores familiares, mostrados entre parênteses. Nível de significância: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

tuais, nota-se que a participação no programa causa um aumento de 4.6% na renda, ao comparar os estabelecimentos tratados com os do grupo de comparação.

Na sequência, com o intuito de mostrar que os resultados apresentados na Tabela 5 são de fato causados pela participação no PC2A, são elaborados alguns testes de robustez.

Tabela 5: Efeito do PC2A sobre a renda das unidades familiares - Robustez para diferentes especificações

	(1)	(2)	(3)
Benef. PC2A	0.0695*** (0.0168)	0.0437** (0.0179)	0.0362** (0.0166)
N. de Observações	86,873	84,754	86,767
<i>Efeitos Fixos Indivíduo</i>	X	X	X
<i>Efeitos Fixos Ano</i>			X
<i>Controles</i>	X	X	X
<i>Efeitos Fixos Estado-Ano</i>	X		
<i>Efeitos Fixos Município-Ano</i>		X	
<i>Tendência Linear temporal interagida com Carc. Baseline</i>			X

Notas: Esta tabela mostra o efeito da participação no PC2A sobre os indicadores de interesse com base na Equação 1. Cada célula reporta o coeficiente de uma regressão separada. Os erros-padrão são clusterizados ao nível de agricultores familiares, mostrados entre parênteses. Nível de significância: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

Na Tabela 5, as colunas (1) e (2) permitem efeitos fixos estado-ano e efeitos fixos município-ano, respectivamente. Estes efeitos fixos captam tendências específicas dos estados (municípios) que afetam os estabelecimentos de forma homogênea, bem como, são importantes para controlar por choques ao nível de estados (municípios) que afetam o nível de renda, simultaneamente a participação no programa. Na coluna (3), controlamos pela interação entre a tendência linear temporal e um conjunto de características pré-tratamento dos municípios, a saber: taxa de analfabetismo da população de 18 anos ou mais de idade, percentual da população de 25 anos ou mais com superior completo, Índice de Gini, proporção de pobres, percentual dos ocupados no setor agropecuário, taxa de desocupação da população de 18 anos ou mais de idade, percentual da população que vive em domicílios com energia elétrica, população rural, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, População economicamente ativa de 10 anos ou mais de idade temperatura média, volume de chuva e distância até a capital.

Na Tabela 6, explora-se diferentes amostras. Na coluna (1), inclui-se apenas os estabeleci-

mentos rurais que são observados antes de 2012 nos microdados da DAP. A estimativa da coluna (2) incrementa à amostra principal os estabelecimentos não beneficiados em nenhum momento no tempo, residentes em municípios que tiveram ao menos um beneficiado. Já na coluna (3), considera-se toda a amostra de unidades familiares não beneficiadas. Com relação ao efeito sobre a renda, destaca-se uma leve sensibilidade dos coeficientes estimados. Por fim, uma vez que o programa é direcionado para famílias em vulnerabilidade econômica e social, na coluna (4) exclui-se os estabelecimentos do topo da distribuição de renda (5% maiores) para a amostra analisada. Isto justifica-se pelo fato que alguns estabelecimentos rurais não elegíveis possam estar sendo beneficiados, de modo que a construção da cisterna teria pequeno efeito. E, ao efetuar esta análise, percebe-se que a magnitude do efeito praticamente dobra, em comparação com o resultado da Tabela 4, sendo próximo a 11%.

Tabela 6: Efeito do PC2A sobre a renda das unidades familiares - Robustez para diferentes amostras

	(1)	(2)	(3)	(4)
Benef. PC2A	0.0270 (0.0182)	0.0496*** (0.0080)	0.0141* (0.0079)	0.1079*** (0.0170)
N. de Observações	78,709	1,467,791	3,070,335	83,999
<i>Efeitos Fixos Indivíduo</i>	X	X	X	X
<i>Efeitos Fixos Ano</i>	X	X	X	X
<i>Controles</i>	X	X	X	X
<i>Tendência Linear Município</i>	X	X	X	X

Notas: Esta tabela mostra o efeito da participação no PC2A sobre os indicadores de interesse com base na Equação 1. Cada célula reporta o coeficiente de uma regressão separada. Os erros-padrão são clusterizados ao nível de agricultores familiares, mostrados entre parênteses. Nível de significância: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

Em suma, tomando em conta as preocupações acima citadas, as Tabelas 5 e 6 mostram que o efeito médio estimado sobre a renda dos estabelecimentos rurais é robusto para um conjunto distinto de especificações empíricas com diferentes efeitos fixos e tendências e diferentes definições da amostra.⁸

5.1 Heterogeneidades

Nesta subseção, exploramos um conjunto de heterogeneidades. Importantes características, como a renda inicial das unidades familiares e o tamanho do estabelecimento rural, são utilizados para explorar possíveis efeitos heterogêneos. Com relação ao nível de renda, a amostra é dividida no valor de R\$ 2,500.00, valor da renda anual (aproximadamente a mediana da distribuição). Já, com relação ao tamanho da estabelecimento, divide-se a amostra na quantidade de 10 hectares.

Na Tabela 7 explora-se seu efeito regional. Nota-se que, como apresentado anteriormente, grande parte dos beneficiados estão localizados na região Nordeste. A estimativa da coluna (1) mostra que o efeito é mais intenso e estatisticamente significativo exatamente nesta região, mais vulnerável. Ao analisar apenas a região do semiárido o resultado caminha na mesma direção.

Por fim, na Tabela 8 explora-se possível heterogeneidade com relação a faixa de renda e o tamanho do estabelecimento rural. para tal, segrega-se a amostra analisada na faixa de renda de R\$ 2.500,00 e a área do estabelecimento na faixa de 10 hectares. De fato, os resultados apresentados na referida tabela estão de acordo com os objetivos do programa, uma vez que o efeito da construção da cisterna para auxiliar na produção agrícola mostrou-se mais efetiva nos estabelecimentos rurais de menor faixa de renda e menor área do estabelecimento.

⁸Além disso, ao construir um grupo de comparação com base em algoritmos de *matching*, combinando a estratégia de Diferenças em Diferenças com *Propensity Score Matching*, os resultados são similares, tanto na direção quanto em magnitude. Resultados disponíveis sob consulta aos autores.

Tabela 7: Efeito heterogêneo do PC2A por regiões

	Regiões		
	Nordeste (1)	Demais (2)	Semiárido (3)
Benef. PC2A	0.0494*** (0.0172)	0.0137 (0.0712)	0.0463*** (0.0168)
N. de Observações	81,504	5,367	85,440
<i>Efeitos Fixos Indivíduo</i>	X	X	X
<i>Efeitos Fixos Ano</i>	X	X	X
<i>Controles</i>	X	X	X
<i>Tendência Linear Município</i>	X	X	X

Notas: Esta tabela mostra o efeito da participação no PC2A sobre os indicadores de interesse com base na Equação 1. Cada célula reporta o coeficiente de uma regressão separada. Os erros-padrão são clusterizados ao nível de agricultores familiares, mostrados entre parênteses. Nível de significância: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

Tabela 8: Efeito heterogêneo por faixa de renda e tamanho do estabelecimento rural

	Faixa de Renda		Tamanho do estabelecimento	
	[0-2500.00] (1)	[> 2500.00] (2)	[0-10.00] (3)	[> 10.00] (4)
Benef. PC2A	0.0592** (0.0264)	0.0206 (0.0200)	0.1443*** (0.0228)	-0.0548** (0.0248)
N. de Observações	38,612	48,267	46,060	40,818
<i>EF Indivíduo</i>	X	X	X	X
<i>EF Ano</i>	X	X	X	X
<i>Controles</i>	X	X	X	X
<i>TL Município</i>	X	X	X	X

Notas: Esta tabela mostra o efeito da participação no PC2A sobre os indicadores de interesse com base na Equação 1. Cada célula reporta o coeficiente de uma regressão separada. Os erros-padrão são clusterizados ao nível de agricultores familiares, mostrados entre parênteses. F: Efeitos Fixos. TL: Tendência Linear. Nível de significância: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

5.2 Resultados adicionais

Nesta seção, buscamos identificar outros possíveis efeitos desta intervenção. Inicialmente, na Tabela 9 apresentamos os efeitos sobre o valor da produção da unidade familiar. E, em congruência com os resultados apresentados nas seções anteriores, o PC2A impacta positivamente o valor da produção.

Tabela 9: Efeitos do PC2A sobre o valor da produção

	(1)
Benef. Programa PC2A	0.0976*** (0.0237)
	86,879
<i>Efeitos Fixos Indivíduo</i>	X
<i>Efeitos Fixos Ano</i>	X
<i>Controles</i>	X
<i>Tendência Linear Município</i>	X

Notas: Esta tabela mostra o efeito da participação no PC2A sobre os indicadores de interesse com base na Equação 1. Cada célula reporta o coeficiente de uma regressão separada. Os erros-padrão são clusterizados ao nível de agricultores familiares, mostrados entre parênteses. Nível de significância: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

Em adição aos efeitos que o Programa Cisternas 2ª Água possui sobre a renda do estabelecimento rural, o programa também pode possuir algum efeito *spillover* sobre a saúde dos beneficiários (similar aos resultados encontrados pela literatura que avalia os efeitos do Programa Cisternas - Água para o Consumo. Para detalhes, ver Rocha e Soares (2015); Da Mata et al. (2021); Lin et al. (2021)). Na Tabela 10 exploramos os efeitos do PC2A sobre o indicador de saúde, especificamente, o número de hospitalizações. Com base em informações do número de hospitalizações, disponibilizadas pelo Ministério da Saúde (via sistema Tabnet), agregadas ao nível de municípios, analisamos os efeitos do PC2A sobre o número de internações (em logaritmo). Nesta especificação, a unidade de análise é o município, de modo que um município é considerado tratado (colunas 1 a 3) a partir do momento que passa a existir algum beneficiado no mesmo e, nas colunas 4 a 6 considera-se a margem intensiva, isto é, a variável de tratamento é representada pelo quantitativo de cisternas construídas em cada município (por mil habitantes do meio rural), acumuladas ao longo dos anos. A estimação explora o período de 2008 a 2019, para a região do semiárido. As especificações das colunas 1 e 4 incluem efeitos fixos de município e de tempo; as colunas 2 e 5 acrescentam a interação da tendência temporal com características *baseline* dos municípios (as mesmas utilizadas na seção 5); e, nas colunas 3 e 6 pondera-se a estimação pela população rural dos municípios. Em termos gerais, embora a direção do coeficiente seja negativa, apontando para uma redução no número de internações, independente da especificação, os coeficientes não são estatisticamente significativos para os padrões habituais. Assim sendo, é possível inferir que o Programa Cisternas Segunda Água não afeta o número de internações.

Tabela 10: Efeitos do PC2A sobre o número de internações

	Margem Extensiva			Margem Intensiva		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Benef. PC2A	-0.00454 (0.01314)	-0.00461 (0.01253)	-0.00008 (0.01266)	-0.00046 (0.00035)	-0.00052 (0.00034)	-0.00062 (0.00042)
N. de Observações	13,620	13,596	13,596	13,620	13,596	13,596
<i>Efeitos Fixos Município</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Efeitos Fixos Ano</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Tendência Linear temporal interagida com Carc. Baseline</i>		X	X		X	X
<i>Ponderação pop. rural</i>			X			X

Notas: Esta tabela mostra o efeito da participação no PC2A sobre os indicadores de interesse com base na Equação 1. Cada célula reporta o coeficiente de uma regressão separada. Os erros-padrão são clusterizados ao nível de municípios, mostrados entre parênteses. Nível de significância: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

5.3 Análise de retorno econômico

Um dos grandes desafios dos governos, por meio de seus *policy makers*, é o de desenhar e implementar políticas públicas que afetam e satisfaçam as expectativas da população necessitada. Portanto, ao efetuar a avaliação de impacto de um programa, estamos interessados em responder o que teria acontecido com as famílias beneficiadas, caso não tivessem sido atendidas pelo programa. De posse da magnitude dos impactos sobre os indicadores de interesse, podemos executar uma análise de benefício-custo de cada um dos programas em questão.

Para efetuar o cálculo do retorno econômico utiliza-se a estimativa pontual apresentada na Tabela 4 – coluna (4). Para o Programa Cisternas Segunda Água, o coeficiente estimado de 0.0445 representa um aumento de, aproximadamente, 4.55% na renda dos estabelecimentos rurais.

Assim sendo, na Tabela 11 a seguir, apresenta-se o cálculo da razão benefício/custos. Em adição, as colunas (2) e (3) utilizam o intervalo de confiança (95%) para simular a razão benefício/custo.

Tabela 11: Retorno Econômico Programa de Cisternas Segunda Água

Indicadores	(1)	(2)	(3)
	Estimativa Pontual	Lim. Inferior	Lim. Superior
Impacto estimado	4.55%	1.14%	8.08%
Média da renda anual (R\$)		9,328.48	
Aumento médio da renda (R\$)	424.71	106.75	753.39
# estabelecimentos rurais		22,602	
Benefício total (R\$)	31,483,559.71	7,901,816.49	55,768,556.10
Custo Cisternas (R\$)		366,605,339.16	
Razão Benefício-Custo	0.0858	0.0216	0.1521

Notas: Baseado nas estimativas da Tabela 4.

Na estimação do resultado principal para o PC2A, permanecem inclusos na amostra 22,602 estabelecimentos rurais. Uma vez que o efeito médio do programa foi de aproximadamente 4.55%, este coeficiente representa um aumento médio na renda anual de R\$ 424.71. Ademais, diferentes estabelecimentos foram beneficiados ao longo dos anos, sendo que o benefício acumulado difere com base no ano de adesão (854 em 2012; 8,106 em 2013; 8,465 em 2014; 4,461 em 2015 e 716 em 2016). Desse modo, considera-se o ano de 2016 como base para o cálculo do retorno econômico. Uma hipótese importante neste cálculo é que o benefício permanece constante ao longo do período. Por exemplo, para os beneficiados em 2013, temos um benefício acumulado até 2016, atualizados no tempo. Esse raciocínio é aplicado para todos os coortes de entrada no programa. Portanto, podemos atribuir que, ao longo do período 2012-2016, o benefício total para os agricultores familiares foi um aumento na renda de cerca de R\$ 31 milhões de reais. Por outro lado, o governo federal investiu cerca de R\$ 366 milhões de reais na execução do programa, com a construção das Cisternas. Assim sendo, considerando um taxa de desconto intertemporal de 2.6% ao ano, temos uma razão benefício/custo de 0.0858. Ao considerar uma taxa de desconto intertemporal igual a 4% ao ano, a razão benefício-custo é de 0.0846.

6 Considerações Finais

A agricultura tem desempenhado um papel chave no desenvolvimento econômico global, sendo fundamental para a existência humana. Recentemente, o Governo Federal, juntamente com a Articulação no Semi-Árido Brasileiro (ASA) e o Serviço de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), tem implementado um conjunto de tecnologias sociais para melhorar a qualidade de vida e o bem-estar das pessoas no meio rural. Embora os programas de apoio às famílias do meio rural estejam em oferta crescente, persiste a falta de evidências sobre a sua efetividade. Motivado por esta lacuna, este artigo investiga os efeitos do Programa Cisternas Segunda Água (PC2A) sobre a renda dos estabelecimentos rurais brasileiros.

Com relação ao armazenamento de água em regiões de instabilidade climática e vulnerabilidade econômica, este processo possibilita o desenvolvimento de atividades produtivas, até então inibidas pela escassez hídrica, que permite a expansão da produção e da renda familiar rural. Nossos resultados evidenciam que ser beneficiado pelo Programa Cisternas 2ª Água gera um aumento na renda familiar na ordem de 4.6%, comparando-se estabelecimentos rurais tratados com o grupo de comparação. Em adição, resultados significativos também são encontrados sobre a produção. Os resultados encontrados são robustos à um conjunto de diferentes especificações empíricas e diferentes amostras. Efeitos heterogêneos mostram que o impacto varia em dimensões regionais e é mais intenso para estabelecimentos de baixa renda e de menor tamanho da propriedade. Por outro lado, não encontramos evidências significativas sobre indicadores de saúde a nível municipal.

Por fim, a análise de retorno econômico mostra que, em média, para cada real investido no

PC2A, tem-se um retorno de aproximadamente R\$ 0.10 centavos. Dentre a principal limitação deste artigo, destaca-se a impossibilidade de construir uma base de dados anual, de modo a observar de forma mais precisa a variação nos indicadores de interesse dos agricultores. Versões futuras serão complementadas com indicadores de produtividade dos estabelecimentos.

Referências

- Aguiar, L. C., DelGrossi, M. E., de Oliveira, L. G., e de Ávila, M. L. (2019). As políticas públicas no semiárido brasileiro: uma revisão de literatura. *Revista Econômica do Nordeste*, 50(2):9–22.
- Biazin, B., Sterk, G., Temesgen, M., Abdulkedir, A., e Stroosnijder, L. (2012). Rainwater harvesting and management in rainfed agricultural systems in sub-saharan africa—a review. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 47:139–151.
- Blakeslee, D., Fishman, R., e Srinivasan, V. (2020). Way down in the hole: Adaptation to long-term water loss in rural india. *American Economic Review*, 110(1):200–224.
- Da Mata, D., Emanuel, L., Pereira, V. A., e Sampaio, B. (2021). Climate adaptation policies and infant health: Evidence from a water policy in brazil.
- Duflo, E. e Pande, R. (2007). Dams. *The Quarterly Journal of Economics*, 122(2):601–646.
- Embaye, T.-a. G., Kahsay, G. H., Abadi, N., Kebede, M. M., e Dessie, D. T. (2020). Evaluation of water harvesting structures on agricultural productivity: the case of tigray region, ethiopia. *Sustainable Water Resources Management*, 6(5):1–14.
- Gamper-Rabindran, S., Khan, S., e Timmins, C. (2010). The impact of piped water provision on infant mortality in brazil: A quantile panel data approach. *Journal of Development Economics*, 92(2):188–200.
- Girma, Y. e Kuma, B. (2021). A meta analysis on the effect of agricultural extension on farmers' market participation in ethiopia. *Journal of Agriculture and Food Research*, page 100253.
- Gomez, M., Perdiguero, J., e Sanz, A. (2019). Socioeconomic factors affecting water access in rural areas of low and middle-income countries. *water*, 11 (2), 202.
- Grum, B., Hessel, R., Kessler, A., Woldearegay, K., Yazew, E., Ritsema, C., e Geissen, V. (2016). A decision support approach for the selection and implementation of water harvesting techniques in arid and semi-arid regions. *Agricultural Water Management*, 173:35–47.
- Hornbeck, R. e Keskin, P. (2014). The historically evolving impact of the ogallala aquifer: Agricultural adaptation to groundwater and drought. *American Economic Journal: Applied Economics*, 6(1):190–219.
- Jalan, J. e Ravallion, M. (2003). Does piped water reduce diarrhea for children in rural india? *Journal of econometrics*, 112(1):153–173.
- Lin, Y., Liu, F., e Xu, P. (2021). Effects of drought on infant mortality in china. *Health Economics*, 30(2):248–269.
- Lowder, S. K., Scoet, J., e Raney, T. (2016). The number, size, and distribution of farms, smallholder farms, and family farms worldwide. *World Development*, 87:16–29.
- Pardey, P. G., Andrade, R. S., Hurley, T. M., Rao, X., e Liebenberg, F. G. (2016). Returns to food and agricultural r&d investments in sub-saharan africa, 1975–2014. *Food Policy*, 65:1–8.
- Passador, C. S. e Passador, J. L. (2010). Apontamentos sobre as políticas públicas de combate à seca no brasil: Cisternas e cidadania? *Cadernos Gestão Pública e Cidadania*, 15(56):65–86.

- Rocha, R. e Soares, R. R. (2015). Water scarcity and birth outcomes in the brazilian semiarid. *Journal of Development Economics*, 112:72–91.
- Santana, V. L. e Rahal, L. d. S. (2020). Tecnologias sociais como impulso para o acesso à água e o desenvolvimento sustentável no meio rural brasileiro: a experiência do programa cisternas. *Investimentos transformadores para um estilo de desenvolvimento sustentável: Estudos de casos de grande impulso (Big Push) para a sustentabilidade no Brasil*.
- Sekhri, S. (2014). Wells, water, and welfare: the impact of access to groundwater on rural poverty and conflict. *American Economic Journal: Applied Economics*, 6(3):76–102.
- Yosef, B. A. e Asmamaw, D. K. (2015). Rainwater harvesting: An option for dry land agriculture in arid and semi-arid ethiopia. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 7(2):17–28.