

TECNOLOGIAS SOCIAIS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO: EFEITOS NA RENDA E NA SUSTENTABILIDADE DOS AGRICULTORES FAMILIARES CEARENSES

Maria Josiell Nascimento da Silva¹
Ahmad Saeed Khan²

Área 3 – Geografia e História Econômica
Subárea: Economia Agrícola e do Meio Ambiente

RESUMO

Em um cenário de mudanças climáticas, em que os agricultores familiares do semiárido tendem a ser severamente afetados pelo aumento da seca, as tecnologias sociais de reaproveitamento de água da chuva e dos efluentes domésticos surgem como uma alternativa para tornar este público menos vulnerável. Essas tecnologias sociais tem como objetivo conferir melhorias de renda e a disseminação da agricultura agroecológica, permitindo uma melhor adaptação dessa população aos efeitos da restrição hídrica da região. Desta forma, este trabalho analisa o efeito dessas tecnologias de reaproveitamento de água sobre a renda e a sustentabilidade ambiental da produção dos agricultores familiares do semiárido cearense, por meio do *propensity score matching*. Os resultados encontrados foram positivos, evidenciando o potencial das tecnologias para melhorar as condições de convivência dos pequenos agricultores cearenses.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas; Agricultores Familiares; Reaproveitamento de Água; Irrigação.

WATER RECOVERY TECHNOLOGIES FOR IRRIGATION: EFFECTS ON INCOME AND SUSTAINABILITY OF CEARENSE FAMILY FARMERS

ABSTRACT

In a climate change scenario where semi-arid family farmers tend to be severely affected by increased drought, social technologies for the reuse of rainwater and domestic effluents are emerging as an alternative to make this public less vulnerable. These social technologies aim to provide income improvements and the spread of agroecological agriculture, allowing a better adaptation of this population to the effects of water restriction in the region. Thus, this paper analyzes the effect of these technologies of water reuse on income and environmental sustainability of the production of family farmers in the semiarid region of Ceara, through the propensity score matching. The results were positive, highlighting the potential of technologies to improve the living conditions of small farmers in Ceara.

Keywords: Climate changes; Family farmers; Water reuse; Irrigation

Classificação JEL: Q18; Q15; R58

¹ Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Economia Rural-PPGER/UFC. E-mail: nascimentojosiell@hotmail.com. telefone (88) 999639388

² Professor dos cursos de Pós-Graduação em Economia Rural e Desenvolvimento e Meio Ambiente, pesquisador visitante da URCA. E-mail: saeed@ufc.br

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são um dos maiores desafios a serem enfrentados no século XXI, e seus impactos sob os pequenos agricultores ao redor do mundo tendem a ser desproporcionalmente maior que para outros segmentos da sociedade (CUNHA *et al.*, 2013; HARVEY *et al.*, 2018). A vulnerabilidade desses pequenos agricultores se torna ainda maior, segundo Altieri e Koohafkan (2008) devido a sua limitada capacidade adaptativa, especialmente da agricultura de sequeiro.

A localização geográfica é outro ponto de destaque no que tange à vulnerabilidade às mudanças do clima. Os agricultores familiares do semiárido nordestino estão suscetíveis a uma grave redução de suas atividades devido à ameaça de redução da disponibilidade de água na região perante o atual cenário de mudanças climáticas (MARENGO, 2008, MARENGO *et al.*, 2018; MARENGO, TORRES, ALVES; 2018). Marengo e Bernasconi (2015) enfatizam que, a longo prazo, a projeção é de que o semiárido nordestino sofra redução das chuvas, aumento das temperaturas e secas mais frequentes, podendo tornar-se uma região árida. Além disso, os autores ressaltam que a concretização das projeções aliada à deterioração do meio ambiente causada por práticas agrícolas não sustentáveis, elevará o risco de desertificação.

Diante de um cenário negativo que vai se tornando real com o passar do tempo, há uma demanda urgente por estratégias de convivência com a seca. Essas estratégias podem ter como instrumento as tecnologias sociais, entendidas como uma solução desenvolvida e/ou aplicada em interação com a população local e apropriada por ela, com um baixo custo, simplicidade de manuseio e capacidade de replicação (SOUSA *et al.*, 2017). Algumas delas se encontram em execução desde o início dos anos 2000, caso do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido – P1MC, implementado pela Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA) e cujo objetivo é a construção de um milhão de cisternas de 16 mil litros para armazenar água da chuva para o consumo humano das famílias da região (NEVES *et al.*, 2010). Tendo em vista o sucesso do P1MC, a mesma organização em 2007 deu início ao Programa Uma Terra e Duas Águas – P1+2, que também consiste em construir cisternas de placas para armazenar água da chuva, com capacidade de 52 mil litros para ser usada na produção agrícola (ALENCAR, JUSTO e ALVES, 2018).

Além das cisternas de placas, uma outra iniciativa que vem se destacando no bojo das tecnologias sociais de convivência com o semiárido é o Projeto Bioágua Familiar, uma iniciativa que busca a construção de sistemas de reutilização de águas cinzas também para produção agrícola (JALFIM e SANTIAGO, 2017). Esta é uma iniciativa recente dado que suas primeiras unidades construídas no Ceará datam de 2014 apenas como experimento. Sendo que somente no ano de 2016 é que foram implantadas unidades da tecnologia em alguns municípios do Ceará.

O objetivo desse estudo é analisar o efeito do uso de tecnologias de reaproveitamento de água para irrigação (reuso de águas cinzas e cisternas de segunda água) sobre a renda agrícola e sustentabilidade ambiental da produção dos agricultores familiares do semiárido cearense.

Dessa forma busca-se informações ainda inexistentes quanto à importância dos Projeto de Reuso de Águas Cinzas e Cisternas de Segunda Água para promover uma maior adaptabilidade de agricultores à seca. Estudos dessa natureza adquirem maior importância dada a necessidade de avaliar, expandir e aprimorar os projetos, programas e políticas voltados à criação de resiliência a estressores climáticos junto a pequenos agricultores do semiárido brasileiro. Outras contribuições do estudo são a utilização de dados primários que possibilitam a percepção da problemática em estudo a partir da observação “in loco” - Deressa *et al.* (2009) e Thathsarani e Gunaratne (2018) ressaltam a importância de estudos em uma escala local como forma de contemplar as especificidades locais - e o levantamento de informações sobre um tema incipiente em pesquisas acadêmicas como é o caso do reuso da água na agricultura.

Os dados usados na pesquisa foram coletados em julho de 2018, o sétimo ano consecutivo de seca no Nordeste brasileiro, considerado o período de seca mais longo que o Ceará enfrentou de acordo com Brito *et al.* (2017), o que ocasionou grande redução do volume de água armazenada nos reservatórios. Em maio de 2012 o estado contava com uma capacidade de 48,9% de água acumulada e em 2017 esse percentual foi reduzido para 12,15% (GONDIM *et al.*, 2017), o que tornou a população semiárida do estado do Ceará mais vulnerável a perdas de safras.

Para ser possível mensurar os impactos das tecnologias de reaproveitamento de água, foi utilizado o *Propensity Score Matching*, uma metodologia que consiste em parear indivíduos beneficiados (tratados) pelas tecnologias com indivíduos não beneficiários (controle).

2 REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA PARA MELHOR CONVIVER COM O SEMIÁRIDO

A agricultura familiar de pequeno porte é a principal atividade rural do semiárido brasileiro, entretanto sua continuidade e desenvolvimento são limitados pelas condições edafoclimáticas da região (CASTRO, 2012). De acordo com Claessens et al. (2012) as alterações climáticas (no caso a seca), exacerbam a vulnerabilidade da população que depende da agricultura para sua subsistência o que faz com que as iniciativas que se propõe a oferecer alternativas para garantir acesso à água para que os pequenos produtores possam dar continuidade às atividades agrícolas, mesmo em períodos de grande estiagem, são primordiais para o desenvolvimento rural desse território.

Há projetos que pretendem promover uma melhor convivência com o semiárido não só por meio do acesso a água, mas também por meio do incentivo de um alinhamento entre a agricultura praticada na região com os princípios agroecológicos. Se enquadram nesse perfil o P1+2 e o reuso de águas cinzas, que são programas que visam dar ou ampliar o acesso a água para irrigação para que pequenos produtores tenham condições de produzir uma maior diversidade de culturas e durante todo o ano (GNADLINGER, SILVA e BRITO, 2008).

O P1+2 é um programa desenvolvido pela ASA e foi lançado em 2007, com o objetivo de consolidar as estratégias de convívio com o clima semiárido. Nesse programa são adotadas tecnologias simples e baratas que os agricultores possam dominar³.

As cisternas construídas pelo programa, através de diversas instituições que têm parceria com a ASA, têm capacidade para armazenar 52 mil litros de água. Cerca de 300mm de precipitação são suficientes para que fiquem cheias (ASA, 2019). Como desdobramento, as famílias cercam a área e, em volta dela, fazem os canteiros para produzir os produtos básicos para a segurança alimentar (MALVEZZI, 2007).

A pretensão é oferecer o maior número possível de cisternas, entretanto, dada a limitação do programa, existem alguns critérios para dar prioridade de participação para os domicílios mais vulneráveis. Segundo a ASA (2019), os domicílios que têm prioridade são os que são chefiados por mulheres, os que possuem crianças de 0 a 6 anos, crianças frequentando a escola, pessoas de 65 anos ou mais e pessoas com deficiência física ou mental.

As cisternas, segundo Castro (2012), são uma forma de diminuir os problemas gerados pela escassez hídrica no semiárido, pois a partir do início da construção das cisternas na região foi inaugurada uma nova fase de convívio com o semiárido em relação à segurança hídrica e alimentar. Alencar, Justo e Alves (2018), ressaltam que o P1+2, por meio da construção das cisternas, dá aos pequenos agricultores a chance de expandirem o cultivo e a variedade destes, o que contribui para a segurança alimentar, renda e qualidade de vida dos beneficiários.

Mais recentemente, em 2014, um outro projeto, também com finalidade de expandir a oferta de água para irrigar pequenos cultivos no semiárido brasileiro foi iniciado, o programa de Reuso de Águas Cinzas. Esse projeto foi iniciado na região pela Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) no Rio Grande do Norte, com o Projeto Bioágua Familiar, que foi iniciado em 2009 com a fase de pesquisas (SANTIAGO *et al.*, 2015).

O projeto foi inspirado em experiências de outros países como a China e Israel, países que também sofrem com a escassez de recursos hídricos e encontram na reutilização dos efluentes domésticos uma forma de expandir a disponibilidade de água para irrigação (SANTOS *et al.*, 2016). Além da baixa disponibilidade de água para irrigação, há também a preocupação da inadequada disposição dos resíduos e a degradação ambiental provocada. No semiárido brasileiro foi iniciado pela Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) no Rio Grande do Norte em 2009 com a fase de pesquisas (SANTIAGO *et al.*, 2015).

A tecnologia social desenvolvida no Projeto Bioágua Familiar consiste em um mecanismo composto por uma caixa de gordura, um filtro biológico (que contém duas camadas de material orgânico,

³ O projeto concentra esforços para fomentar a elaboração de processo participativos de gestão hídrica, onde visa promover a soberania, a segurança alimentar e nutricional e a geração de emprego e renda às famílias agricultoras, por meio do acesso e manejo sustentáveis da terra e da água para produção de alimentos (ASA, 2019).

humus e serragem de madeira, e duas camadas de material inorgânico, cascalho e seixo rolado), um tanque de reuso para armazenar a água oriunda da filtragem, um sistema de irrigação por gotejamento e uma eletrobomba (SANTIAGO *et al.*, 2015).

Esse sistema se desenvolveu em duas fases. De 2009 a 2013 consistiu em pesquisas básicas experimentais com as três unidades iniciais e a segunda fase, de 2013 a 2015, se tratou de expandir as unidades para 200. A partir de 2015 o projeto se expandiu ainda mais e passou a beneficiar outras famílias e órgãos estaduais estão disseminado e aplicando a tecnologia no Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia (JALFIM e SANTIAGO, 2017).

Para além dos programas desenvolvidos pelos governos estaduais, no Ceará houve a instalação de outras unidades da tecnologia que foram implantadas por uma parceria entre a Fundação Banco do Brasil e o Instituto Elo Amigo⁴. Essas unidades foram construídas em 2016, e desde então estão sendo utilizadas.

Nessa perspectiva, as tecnologias de reaproveitamento de água para produção de pequena escala configuram-se como uma estratégia de convivência com o Semiárido, oferecendo, além acesso a água para irrigação, a redução do desperdício desse bem, pois coleta a água da chuva evitando perdas por escoamento e evaporação, ou então trata a água dos efluentes domésticos, que geralmente são depositados a céu aberto, e acaba por degradar as áreas em que são despejados e oferecem riscos à saúde (SILVA *et al.*, 2017).

Essas tecnologias objetivam promover uma maior segurança alimentar e nutricional e fomentar a geração de renda para as famílias beneficiadas, por meio da produção sustentável. Os projetos de reaproveitamento da água se caracterizam como iniciativas que atendem aos princípios de convivência com o semiárido. Os beneficiários do programa também são capacitados e estimulados a formar bancos de sementes comunitários e a criação de quintais produtivos e agroflorestas (ASA, 2019). Dessa forma, os pequenos produtores familiares do semiárido podem aprimorar suas estratégias de produção e estocagem de recursos, indicando um direcionamento para que a região se torne mais produtiva e sustentável.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo e descrição da amostra

A área de estudo é o semiárido cearense, devido a sua histórica exposição a períodos de recorrentes de estiagem e a presença de famílias beneficiadas com o Projeto Bioágua Familiar. Como subárea optou-se pelo município de Iguatu, localizado na região centro-sul do estado, uma área suscetível a longos períodos de estiagem, devido a seu clima tropical semiárido, caracterizado pela irregularidade de chuvas no tempo-espaço. O município apresenta características similares à maioria das demais cidades do estado e com temperaturas acima dos 25° C (IPECE, 2018). Dessa forma, os resultados encontrados para este município podem ser orientadores úteis em processos de decisão requeridos em outras áreas localizadas no semiárido cearense. Outro fator que justifica a escolha do município é o fato de ser o primeiro do estado a receber as unidades do reuso de águas cinzas para fins agrícolas, portanto, as unidades dessa tecnologia estão em pleno funcionamento desde 2016, podendo ser captados os seus efeitos.

Os dados utilizados foram de origem primária, obtidos por meio de questionários aplicados junto às famílias beneficiadas e não beneficiadas pelo programa durante o mês de julho de 2018.

Foram coletadas informações de 65 beneficiários. Essa amostra foi calculada seguindo Fonseca e Martins (1996):

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad (1)$$

Em que:

n = tamanho da amostra

Z = score Z correspondente a um nível de confiança escolhido, expresso em número de desvio

p = % a qual o fenômeno se verifica

q = porcentagem complementar

N = tamanho da população

e = erro máximo permitido

⁴ O Elo Amigo é uma OSCIP que atua no desenvolvimento de projetos voltados a agroecologia familiar e a convivência com o Semiárido na região Centro-Sul do Ceará (ELO AMIGO, 2019).

As tecnologias de reaproveitamento de água para produção agrícola beneficiam 101 famílias no município de Iguatu (população do estudo = N), que se encontram espalhadas em diferentes áreas desse município. Ao ser considerada um nível de confiança de 95% ($Z = 1,96$) e um erro máximo de 7% (e), assumindo que há 50% de chance de o evento ocorrer ($p=q= 50\%$), obteve-se uma amostra de 65 famílias (grupo tratamento). Também foram coletadas informações de outros 90 agricultores familiares não beneficiários de nenhuma dessas tecnologias no município de Iguatu e que vivem próximo aos beneficiários e em condições similares, estabelecendo, assim, o grupo de controle. A amostra no grupo de não beneficiários pode ser definida considerando-se um tamanho maior que 10% em relação ao grupo de beneficiários, para possibilitar uma maior qualidade no pareamento requerido no método Propensity Score Matching. Desse modo, tem-se que a pesquisa foi realizada com um total de 155 famílias que foram classificadas em dois grupos, um com as famílias de agricultores que possuem tecnologia de reaproveitamento de água residencial e/ou da chuva, e um segundo grupo formado por famílias agricultoras que não possuem nenhuma tecnologia de reaproveitamento de água.

3.2 Índice de Sustentabilidade Agrícola

Com vistas a proporcionar uma melhor elucidação das características ambientais, consideradas neste trabalho como sendo as práticas adotadas na produção agrícola dos beneficiários e não beneficiários das tecnologias de reaproveitamento de água, foi elaborado um Índice de Sustentabilidade Agrícola (ISA), conforme expressão:

$$ISA = \frac{1}{w} \sum_{y=1}^w I_y \quad (2)$$

Em que:

ISA = índice de sustentabilidade agrícola

I = escore do y -ésimo indicador

$Y = 1, 2, \dots, w$ (indicador)

w = número de indicadores

Os Y indicadores componentes do ISA captam o modo de produção dos agricultores considerando-se os seguintes aspectos a saber: 1) Prática de Queimadas, 2) Uso de fertilizante químico, 3) Uso de arado mecânico, 4) Uso de tração animal, 5) Uso de herbicida, 6) Uso de agrotóxico, 7) Uso de esterco para fertilização do solo, 8) Prática de plantio direto, 9) Prática de descanso da terra, 10) Prática de rotação de cultura, 11) Uso de sementes resistentes, 12) Prática de capina manual, 13) Uso de adubação verde, 14) Uso de quebra vento, 15) Uso de extratos vegetais, 16) Práticas de conservação do solo e 17) Tratamento da água dos efluentes para reutilizar na irrigação.

Os escores foram atribuídos da seguinte forma:

- i) para os indicadores de 1 a 6 respostas “sim” receberam escore 0 e respostas “não” receberam escore 1;
- ii) para os indicadores de 7 a 17 respostas “não” receberam escore 0 e respostas “sim” receberam escore 1.

O ISA pode variar de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1, mais sustentáveis são as práticas agrícolas, ou seja, menos agressiva ao ambiente está sendo a produção do agricultor. Pode-se classificar o índice de acordo com o proposto por Damasceno *et al.*, (2011):

I) Baixo nível de sustentabilidade ambiental: $0 < ISA \leq 0,5$

II) Médio nível de sustentabilidade ambiental: $0,5 < ISA \leq 0,8$

III) Alto nível de sustentabilidade ambiental: $0,8 < ISA \leq 1$

Com o intuito de avaliar da melhor forma possível os resultados encontrados, foi empregado o teste t de *student* para a comparação das médias não pareadas dos grupos de tratamento e controle encontrados (MAIA, KHAN e SOUSA, 2013).

3.3 Propensity Score Matching

A mensuração do efeito das tecnologias de reaproveitamento de água sobre a renda agrícola e a sustentabilidade ambiental dos agricultores familiares do semiárido cearense foi realizada por meio do método *Propensity Score Matching*. Esse método foi desenvolvido por Rosenbaum e Rubin (1983) para resolver o problema de viés de seleção que pode haver em métodos que não utilizam um suporte comum entre os grupos a serem comparados.

A primeira etapa do método é a estimação de um escore de propensão $P(x)$, que é a probabilidade condicional de um indivíduo pertencer ao grupo de beneficiários dada as características observáveis (ROSENBAUM E RUBIN, 1983). Matematicamente, pode-se definir que:

$$P(x) = \Pr(C = 1|x) \quad (3)$$

A estimação do escore de propensão é feita por meio de uma regressão logit ou probit, que permite o cálculo da probabilidade de um indivíduo está no grupo de tratamento a partir de características observáveis (X). As variáveis independentes são aquelas que podem afetar a participação do indivíduo no programa. A variável dependente é uma *dummy* que assume valor 1 para o caso de o indivíduo pertencer ao grupo tratado e 0 para o caso de o indivíduo pertencer ao grupo de controle.

A escolha do modelo binário para se estimar a probabilidade de participação no programa é feita considerando diversos critérios como a significância dos coeficientes estimados, feita em modelos binários pela Razão de Máxima Verossimilhança. Uma outra estatística considerada para avaliar o ajustamento do modelo é o Pseudo R^2 que revela o poder explicativo do modelo. Foram usados também os critérios de Informação de Akaike (AIC), o critério de Informação Bayesiano (BIC), o percentual de casos corretamente classificados e a área sob a curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*). Esta última é uma medida sobre a capacidade de o modelo discriminar as categorias da variável dependente (FÁVERO, 2014).

A segunda etapa do modelo consiste na formação dos pares de beneficiários e não beneficiários que possuem score de propensão o mais semelhante possível, o que possibilita a análise dos impactos dos programas por meio do pareamento (MAIA, 2012).

Segundo Rosenbaum e Rubin (1983), o *Average treatment Effect on the treated* (ATT), ou seja, o efeito médio dos programas avaliados sobre os beneficiários, tomando como hipótese a existência de um vetor de características observáveis X e sendo vinculado de forma condicional a este, com as unidades tendo a mesma probabilidade de serem escolhidas para comporem os grupos de beneficiários ou não beneficiários, $y^{As}, y^{com}, \perp C|X$ pode ser encontrado da seguinte maneira:

$$ATT = E\{E[y^{com}|C = 1, P(X)] - E[y^{As}|C = 1, P(X)|C = 1]\} \quad (4)$$

Com o *propensity score* é possível ajustar os vieses entre os grupos de beneficiários e não beneficiários, porém, para a sua aplicação é necessário assumir duas hipóteses:

- I) Balanceamento das características observáveis: a seleção da amostra requer que a participação nos programas seja independente dos resultados; e
- II) Existência de um suporte comum, isto é, $0 < P(X) < 1$, para que exista um indivíduo no grupo de beneficiários para cada indivíduo no grupo de não beneficiários.

Diferentes procedimentos para realizar o pareamento entre os escores de propensão das unidades tratadas em relação aos escores de propensão das unidades do grupo de controle e tratado podem ser usadas. De acordo com Gandra e Rodrigues (2018), as técnicas mais usadas são: pareamento por vizinho mais próximo (*Nearest-Neighbor Matching*), Pareamento Radial (*Radius Matching*) e Pareamento de kernel (*Kernel Matching*).

No pareamento por vizinho mais próximo cada unidade de tratamento é correspondida à unidade de comparação com o escore de propensão mais próximo. Pode-se também escolher n vizinhos mais próximos e fazer correspondência (geralmente $n = 5$ é usado). A correspondência pode ser feita com ou sem reposição. A correspondência com reposição, por exemplo, significa que o mesmo não-participante pode ser usado como uma correspondência para diferentes participantes (*handbook*). O pareamento com reposição apresenta a vantagem de se evitar pareamentos pobres, resultando em redução do viés, porém tem como *trade-off* o aumento da variância das estimativas em virtude da redução do número de observações distintas (RODRIGUES, 2016).

No pareamento radial cada unidade tratada é comparável apenas com as unidades de controle cujos escores de propensão estejam contidas em uma vizinhança de escore de propensão de unidades tratadas

definidas a priori. Se a dimensão da vizinhança (o raio) é muito pequena, há a chance de que algumas unidades tratadas não sejam pareadas devido a falta de unidades de controle na vizinhança estabelecida, por outro lado, quanto menor for a vizinhança estabelecida, melhor a qualidade do pareamento (BECKER e ICHINO, 2002).

No pareamento por Kernel todas as unidades tratadas são combinadas com uma média ponderada de todas as unidades do grupo de controle, com pesos que são inversamente proporcionais à distância entre os escores de propensão de tratados e controles (BECKER e ICHINO, 2002). Neste trabalho, o método de pareamento a ser analisado seguirá o critério de melhor equilíbrio entre as unidades de controle e tratamento, ou seja, o menor pseudo R² (CALIENDO e KOPEINING, 2008). O respectivo teste está localizado no apêndice.

Maia (2012) afirma que os sinais negativos ou positivos dos ATT's indicam o provável impacto dos programas na variável de resultado analisada. Após feito o procedimento do *Propensity Score Matching* faz-se o teste de sensibilidade Rosenbaum bounds, para atestar se há viés de não observáveis.

Quando há variáveis que não foram observadas e que são divergentes entre o grupo de controle e tratamento essas mesmas variáveis podem afetar as variáveis de resultado, ou seja, os resultados podem estar enviesados. Como não é possível estimar o tamanho do viés existente nos dados, Rosenbaum e Rubin (2002) propôs uma forma de verificar se o viés afeta os resultados põe meio do Rosenbaum *bonds* (ROSEMBAUM e RUBIN, 2002; DIPRETE; GANGL,2004).

A análise de sensibilidade pode ser utilizada para testar a robustez dos resultados à presença de viés devido a uma co-variável omitida (CHAGAS, 2009). Nesse trabalho, a análise sensibilidade visa verificar se há viés de não observáveis que mascarem algum efeito das tecnologias de reaproveitamento de água sob renda e a sustentabilidade na produção dos agricultores iguatenses.

O método reconhece dois indivíduos a partir de suas características observáveis, *i* e *j*. considerando que a probabilidade de participação do indivíduo *i* no tratamento é:

$$\tau_i = \Pr(D_i = 1|x_i) = F(\beta x_i + \gamma u_i) \quad (5)$$

Em que x_i são as características observadas do individuo *i*; u_i corresponde a variável não observada; γ diz respeito ao efeito de u_i sobre a decisão de participação no programa. Quando não há viés de seleção, γ será igual a zero, portanto, a participação o programa se dá exclusivamente pelas características observadas. Entretanto, se houver viés de seleção, dois indivíduos com as mesmas co-variáveis observadas x , terão diferentes chances de receber o tratamento, $\frac{\pi_i}{1-\pi_i}$ e $\frac{\pi_j}{1-\pi_j}$

A razão de chance de participar do programa é dada por:

$$\frac{\frac{\pi_i}{1-\pi_i}}{\frac{\pi_j}{1-\pi_j}} = \frac{\pi_i(1-\pi_j)}{\pi_j(1-\pi_i)} = \frac{\exp(\beta x_j + \gamma u_j)}{\exp(\beta x_i + \gamma u_i)} \exp[\gamma(u_i - u_j)] \quad (6)$$

Se os indivíduos tiverem as mesmas características observáveis, então os termos βx se cancela. Deste modo, se não houver diferenças nas variáveis não observadas ($u_i = u_j$) e se estas variáveis não influenciarem a probabilidade de participação ($\gamma = 0$), a razão de chance será igual a 1, implicando a não existência de viés de seleção. Os limites da razão de probabilidades de participação no tratamento são expressos da seguinte forma:

$$\frac{1}{e^\gamma} \leq \frac{\pi_i(1-\pi_j)}{\pi_j(1-\pi_i)} \leq e^\gamma \quad (7)$$

Os indivíduos pareados possuem a mesma probabilidade de participação apenas se $e^\gamma = 1$. Entretanto, se $e^\gamma = 2$, então os indivíduos aparentemente similares em termos de x irão diferir em suas probabilidades de receberem o tratamento por um fator de até 2. Assim, segundo Rosenbaum e Rubin (2002), e^γ seria a medida do grau de ruptura a partir de um estudo livre de viés de seleção.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção está organizada em três partes: a primeira faz uma breve explanação das características sociodemográficas e da estrutura produtiva dos beneficiários e não beneficiários das tecnologias de reuso de água; a segunda parte traz a análise do índice ambiental dos dois grupos avaliados e a terceira parte

dedica-se à avaliação do impacto das tecnologias de reaproveitamento de água sobre a renda e o índice de sustentabilidade ambiental dos agricultores beneficiados.

4.1 Perfil dos agricultores familiares beneficiários e não beneficiários de tecnologias de reaproveitamento de água para irrigação

Os efeitos diretos e indiretos de uma intervenção, seja pública ou privada, dependem das características socioeconômicas do público alvo. Por esse prisma, é relevante uma análise do perfil dos agricultores pesquisados para uma compreensão mais clara da importância do reaproveitamento da água entre os beneficiários. As informações apresentadas na Tabela 1 mostram que as famílias são chefiadas majoritariamente por mulheres, tanto no grupo de beneficiários quanto no de não beneficiários, não havendo diferença significativa entre os grupos nessa variável. Essa configuração feminina vem sendo observada e ganhou força no semiárido com a atuação da ASA que se constituiu a partir de uma gama de organizações da sociedade civil que lutam pela quebra de velhos paradigmas ainda existentes na região do semiárido do Brasil, e um deles é a autonomia feminina, como registra Malvezzi (2007). Nota-se que as tecnologias de reaproveitamento de água estão dando a possibilidade de aumentar a participação feminina na produção dos quintais, pois a proximidade entre a lavoura irrigada e a residência as estimula e facilita o desempenho das atividades agrícolas com as atividades domésticas, que são tradicionalmente realizadas pelas mulheres na região.

Tabela 1: Perfil sociodemográfico dos beneficiários e não beneficiários de tecnologias de reaproveitamento de água

Características		Beneficiários	Não Beneficiários	Testes para comparação entre os grupos
Sexo do Chefe	Masculino (%)	41,54	37,78	Chi2=0,22
	Feminino (%)	58,46	63,22	
Idade do Chefe	Média (anos)	52,03	47,21	t=1,83***
Anos de Estudo do Chefe	Média (anos)	4,58	5,77	t=1,69***
Tamanho da Família	Média	3,53	2,83	t=2,28**
Estado Civil do Chefe	Casado (%)	73,85	54,44	Chi2=6,06**
	Não Casado (%)	26,15	45,56	
Renda não agrícola <i>per capita</i>	Média (R\$)	539,52	720,74	t=1,83***

Fonte: elaborado pelos autores com dados da pesquisa

*significante a 1%; **significante a 5%; ***significante a 10%

A idade média do chefe de família em ambos os grupos está acima dos 45 anos, o que pode indicar que há um desestímulo para que os jovens adultos permaneçam no campo e no trabalho agrícola. Esse ponto é enfatizado por Chalita (2006), que argumenta haver uma menor importância da herança da gestão da propriedade, havendo o afastamento dos filhos das atividades agrícolas, com a intenção de propiciá-los a inserção em ocupações com melhores rendimentos, que em geral, são fora da agricultura. Como é visto, a idade média dos beneficiários é maior que a dos não beneficiários, e isso indica que focalização do programa está de acordo com o preconizado em seus critérios de prioridade de participação, que prioriza os domicílios com idosos. A diferença entre os grupos é estatisticamente significativa a um nível de 10%.

A respeito da escolaridade vê-se que, em média, os não beneficiários têm cerca de um ano a mais de estudo que os beneficiários. Ainda assim, ambos os grupos têm um baixo nível médio de escolaridade, que corresponde a ensino fundamental incompleto. Esse quadro faz parte da realidade não só do semiárido cearense, mas de todo o Brasil rural, como assinala Santos (2017) ao evidenciar que o baixo nível educacional no campo é um reflexo da tendência à migração para zonas urbanas em busca de melhores oportunidades de trabalho por parte, especialmente, dos mais bem qualificados, por isso a população que resta no campo tende a possuir poucos anos de estudo.

Quando se trata de como se compõe o domicílio, nota-se que o tamanho médio das famílias de beneficiários é maior, com quase um membro a mais por domicílio. Esse membro a mais no domicílio pode também ser a explicação para a menor renda não agrícola *per capita* dos beneficiários. Os rendimentos que constam na Tabela 1 são os obtidos em fontes fora da agricultura sendo compostos, basicamente, por aposentadorias, pensões, e Programa Bolsa Família. Uma outra característica da composição do domicílio é o estado civil do chefe, onde nota-se que há, proporcionalmente, mais casados no grupo de beneficiários.

A Tabela 2 apresenta algumas características relacionadas à estrutura da produção agrícola. Em todos os aspectos apresentados, os beneficiários encontram-se em uma situação mais favorável, ou seja, possuem uma estrutura produtiva mais propícia à agricultura. O acesso a fatores institucionais, como assistência técnica e crédito são elementos que permitem um melhor desenvolvimento das atividades agrícolas (CASTRO e PEREIRA, 2017).

Tabela 2: Aspectos da estrutura produtiva dos beneficiários e não beneficiários de tecnologias de reaproveitamento de água

Características	Beneficiários	Não Beneficiários	Testes para comparação entre os grupos
Percentual de entrevistados com vínculo com Associação	72,31%	53,33	Chi2=5,72**
Área Total (ha)	7,18	2,04	t=3,74*
Área Cultivada (ha)	1,62	1,11	t=1,23
Percentual de entrevistados proprietários da Terra	78,46%	61,11%	Chi2=5,25**
Percentual de entrevistados com Assistência Técnica	93,75%	33,33%	Chi2=55,00*
Percentual de entrevistados com acesso ao Crédito Rural	27,69%	13,33%	Chi2=4,98**
Renda Agrícola Mensal <i>per capita</i> (R\$)	79,71	23,59	t=4,02*

Fonte: elaborado pelos autores com dados da pesquisa

*significante a 1%; **significante a 5%; ***significante a 10%

No tocante a fatores fundiários, como a posse da terra e seu tamanho, Souza Filho *et al.* (2007) evidenciam que esses são fatores possuem forte relação entre tamanho da propriedade e outras variáveis, como a acesso a crédito, participação em programas governamentais. Além disso, o tamanho da propriedade indica a capacidade de absorção dos membros da família na atividade agrícola, ou seja, agricultores com uma maior área podem ocupar mais membros e com isso há possibilidade de obter um maior rendimento.

4.2 Índice ambiental dos agricultores beneficiários e não beneficiários das tecnologias de reaproveitamento de água

De acordo com os valores dos índices ambientais apresentados na tabela 3, é possível qualificar os não beneficiários como tendo um “baixo nível” de sustentabilidade ambiental na produção e os beneficiários como “nível médio”. A diferença existente entre os dois grupos é bastante significativa, ou seja, as práticas de manejo da produção por parte dos beneficiários são realizadas de maneira menos agressiva ao meio ambiente.

Tabela 3: Indicadores de sustentabilidade ambiental e ISA dos beneficiários e não beneficiários de tecnologias de reaproveitamento de água

Indicadores (expressam a proporção de agricultores com respostas “sim”)	Beneficiários	Não Beneficiários	Diferença	χ^2
Prática de Queimadas	69,77%	61,9%	7,87%	0,69
Uso de fertilizante químico	24,19%	72,09%	-47,9%	23,66*
Uso de arado mecânico	69,77%	55,56%	14,21%	2,17
Uso de tração animal	77,42%	58,14%	19,28%	4,45**
Uso de herbicida	50,00%	23,26%	26,74	7,63*

Uso de agrotóxico	22,58%	95,35%	-72,77%	53,9*
Uso de esterco para fertilização do solo	61,29%	11,63%	49,66%	25,89*
Prática de plantio direto	53,23%	20,93%	32,3%	11,03*
Prática de descanso da terra	38,71%	41,86%	-3,15	0,10
Prática de rotação de cultura	96,77%	4,65%	92,12%	89,10*
Uso de sementes resistentes	51,61%	44,19%	7,42%	0,56
Prática de capina manual	14,52%	90,70%	-76,18%	59,37*
Uso de adubação verde	91,94%	0,00%	91,94%	86,47*
Uso de extratos vegetais	79,03%	0	79,03%	63,71*
Práticas de conservação do solo	90,32%	0	90,32%	83,22*
Tratamento da água dos efluentes para reutilizar na irrigação	38,46%	0	38,46%	41,27*
ISA	0,5682	0,1539	0,4143	13,82*

Fonte: elaborado pelos autores com dados da pesquisa

*significante a 1%, **significante a 5%.

Essa relação mais harmônica entre a produção e a terra por parte dos beneficiários sugere que as capacitações oferecidas pela ONG executora dos programas, incentivando os agricultores a desenvolverem a agricultura agroecológica, está sendo aplicada. Nessas capacitações, são apresentadas formas de substituir os defensivos e adubos químicos por extratos vegetais e adubos orgânicos. Também é incentivada a criação de um banco de sementes comunitário, para que as sementes crioulas sejam preservadas e façam a substituição das sementes transgênicas.

Dessa forma, os agricultores beneficiários das tecnologias de reaproveitamento de água têm acesso a conhecimentos de práticas com um menor impacto ambiental, o que reduz a degradação do solo e diminui a probabilidade de desertificação na região.

4.3 Impactos das tecnologias de reaproveitamento de água

Os resultados apresentados na Tabela 4 mostram o modelo logit que foi usado para realizar o pareamento entre os beneficiários e não beneficiários dos programas. Esses resultados são úteis para destacar as características que aumentam a probabilidade de uma família participar do projeto. Avaliando-se o sinal e a significância dos coeficientes estimados é possível identificar que o gênero, o acesso à assistência técnica e a prática de uso de esterco aumentam a probabilidade de uma família aderir ao reuso ou reaproveitamento da água para irrigação. Nota-se, por outro lado, que a idade do chefe e a realização da capina de maneira manual são variáveis que diminuem a chance de ser beneficiado pelas tecnologias.

Tabela 4: Modelo logit⁵ de propensão a participação nos programas

Variáveis	Coeficiente	P > z
Idade	-0,063	0,051***
Estado Civil	0,201	0,658
Mulheres Agricultoras	2,052	0,008*
Outro Trabalho	-0,252	0,701
Participa de Associação	0,037	0,921
Assistência Técnica	1,597	0,018**
Usa Esterco	3,563	0,000*
Faz Capina Manual	-3,482	0,000*
Recebe Bolsa Família	-0,325	0,631
Renda Total	0,000	0,209

Log Likelihood=-16,484

Pseudo R2=0,758

⁵ O modelo binário usado para estimar o escore de propensão foi o Logit, escolhido com base nos critérios descritos e estão apresentados na tabela 1A, no apêndice.

LR Chi2 (10)= 103,65

Prob>Chi2=0,000

Número De Obs.= 102

Fonte: elaborado pelos autores com dados da pesquisa

*significante a 1%; **significante a 5%; ***significante a 10%

A Tabela 5 apresenta o efeito das tecnologias de reaproveitamento de água sobre a renda agrícola e o índice de sustentabilidade ambiental dos agricultores pesquisados. Os valores de ATT, que captam o impacto do projeto, são significantes para as duas variáveis de resultado. De acordo com o exposto, as tecnologias de reaproveitamento de água surtem um efeito positivo na renda agrícola por hectare, que é a renda anual obtida na agricultura dividida pelos hectares usados para produção.

Tabela 5: Efeito das tecnologias de reaproveitamento de água sob a renda e a sustentabilidade dos agricultores familiares do semiárido cearense.

Variáveis de interesse	Beneficiários	Não Beneficiários	Diferença (ATT) ¹	Teste T
Renda Agrícola/ha	R\$ 1300,26	R\$ 52,16	1248,10	5,29*
ISA	0,6140	0,2588	0,3552	4,04*

Fonte: elaborado pelos autores com dados da pesquisa

*significante a 1%.

Nota 1: O pareamento utilizado para o cálculo do ATT foi o vizinho mais próximo com 5 vizinhos, escolhido pelo critério do menor Pseudo R². A Tabela 2A em apêndice reporta os resultados do ptest para os matching descritos na seção de metodologia.

Essa maior renda obtida pelos beneficiários pode ter sido compreendida sob dois prismas: i) pela produção dos quintais irrigada com a água reaproveitada da chuva e/ou dos efluentes domésticos e ii) pelo fato de o grupo de não beneficiários ser predominantemente composto por aposentados que não exercem atividade agrícola ou exercem de forma parcial. A produção extraída dos quintais irrigados é em maioria variedades de hortifrutí, plantas com um ciclo de produção curto, o que permite a venda do excedente em períodos mais curtos que a produção de sequeiro, e por isso o rendimento é maior.

O fato de ser beneficiário das tecnologias de reaproveitamento de água também produz efeitos positivos sob o índice de sustentabilidade ambiental dos agricultores do interior cearense, confirmando os resultados da Tabela 3, que mesmo após o pareamento, continua a ser maior para o grupo de tratamento, confirmando que as capacitações oferecidas estão surtindo um efeito favorável ao desenvolvimento rural sustentável do município.

Os efeitos positivos sobre a renda agrícola/ha dos beneficiários também foram obtidos no trabalho de Alencar, Justo e Alves (2018), que avaliaram o P1+2 na região do Cariri cearense. Na análise desenvolvida por Santos (2013), onde foram avaliados os efeitos das cisternas de placas na sustentabilidade dos agricultores cearenses, também foram encontrados efeitos positivos para o ISA, entretanto, aqui neste trabalho esse efeito é maior e isso porque tratamos, diferentemente das duas análises acima, de duas tecnologias, o reuso de águas cinzas e o P1+2 (já que é uma condição para ser beneficiário), além disso, os agricultores estão a mais tempo com as tecnologias do que nos trabalhos citados acima, o que intensifica os efeitos nos agricultores beneficiários.

Para dar maior confiabilidade aos resultados do modelo analisado acima, foi realizada uma análise de sensibilidade. A Tabela 6 traz a análise de sensibilidade pelo método dos limites de Rosenbaum. Vê-se que todas as variáveis de impacto apresentam resultados robustos à presença de viés de fatores não observáveis. O método de limites de Rosenbaum não apresenta um teste formal da hipótese CIA (independência condicional), mas tem sua importância ao permitir julgar quão grande deve ser a influência de covariadas não observadas nos resultados a fim de que as conclusões do tratamento sejam alteradas (ROSENBAUM e RUBIN, 2002).

Tabela 6: Análise de sensibilidade pelo método de limites de Rosenbaum

Variável de Interesse	Γ	Sig +	Sig -
ISA	1,00	0	0
	1,05	0	0
	1,10	0	0
	1,15	0	0
	1,20	0	0
	1,25	0	0
	1,30	0	0
Renda Agrícola/ha	1,00	0	0
	1,05	0	0
	1,10	0,000	0
	1,15	0,000	0
	1,20	0,000	0
	1,25	0,000	0
	1,30	0,000	0

Fonte: elaborado pelos autores

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reaproveitamento da água para irrigação se constitui uma tecnologia social recente e ainda pouco disseminada no meio rural do Ceará. O perfil dos atuais beneficiários da estratégia é caracterizado por pequenos produtores com idade superior a 45 anos, baixo nível de escolaridade e baixo poder aquisitivo. Contudo, observa-se como fator favorável aos resultados pretendidos pela iniciativa o fato de a maioria dos beneficiários terem acesso à assistência técnica o que pode agregar ao uso da irrigação, a adoção de técnicas produtivas capazes de tornar os agricultores mais competitivos. Ressalta-se, por outro lado, que os beneficiários encontram-se limitados por uma estrutura de acesso a crédito que favorece um número muito pequeno de pessoas nesse grupo.

Pela ótica da sustentabilidade, o estudo mostrou que o reaproveitamento da água para irrigação se constitui em uma tecnologia social que promove a adoção de práticas agrícolas menos agressivas ao meio ambiente, representadas aqui pelo Índice de Sustentabilidade Ambiental.

O modelo adotado para aferir os impactos do reaproveitamento da água mostrou que o mesmo pode contribuir significativamente para aumentar a renda da população beneficiada, sendo, portanto, uma tecnologia social a ser replicada e inserida entre as estratégias de convivência com o semiárido.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, M. O.; JUSTO, W. R.; ALVES, D. F. Os efeitos do programa “Uma Terra e Duas Águas (P1+2)” sobre a qualidade de vida do pequeno produtor rural do Semiárido nordestino. Fortaleza: **Revista Econômica do Nordeste**, v.49, n.1, 2018

ALTIERI, M. A. e KOOHAFKAN, P. **Enduring Farms: Climate Change, Smallholders and Traditional Farming Communities**. Penang, Malaysia: Third World Network, 2008.

BARBOSA, G. S. O desafio do desenvolvimento sustentável. *Revista Visões*, v.1, n.4, 2008

BAPTISTA, N. Q.; CAMPOS, C. H. Possibilidades de construção de um modelo sustentável de desenvolvimento no Semiárido. In: CONTI, I. L.; SCHROEDER, E. O. (org.) **Convivência com o Semiárido brasileiro: autonomia e protagonismo social**. Brasília: Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – FAURGS/REDEgenteSAN / Instituto Ambiental Brasil Sustentável –

IABS / Agência Espanhola de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento – AECID / Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome - MDS / Editora IABS. 2013

BARBOSA, M. M. T. L.; SANTANA, C. A. M. Desafios para o futuro da produção sustentável de alimentos. Brasília: **Parc. Estrat.** v. 17, n. 35, 2012

BECKER, S. O.; ICHINO, A. Estimation of Average Treatment Effects Based on Propensity Score. **The Stata Journal**, v. 2, n. 4, p. 358-377, 2002.

CALIENDO, M.; KOPEINIG, S. Some practical guidance for the implementation of propensity score matching. **Journal of Economic Surveys**, v. 22, n.1, p. 31-72, 2008

CASTRO, C. N. A agricultura no Nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento. **Texto para discussão**. Brasília: IPEA, 2012

CASTRO, C. N.; PEREIRA, C. N. Agricultura familiar, assistência técnica e extensão rural e a política nacional de Ater. **Texto para discussão**. Brasília: IPEA, 2017

CHAGAS, A. L. S. **Três ensaios sobre o setor produtivo de cana de açúcar no Brasil**. Tese (Doutorado em economia) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009

CHALITA, M. A. N. Agricultura familiar e seus novos vínculos com a prática econômica. São Paulo: **Agric.**, v. 53, n.2, 2006.

CLAESSENS, L. et al. A method for evaluating climate change adaptation strategies for small-scale farmers using survey, experimental and modeled data. **Agricultural Systems**, v. 111, p. 85-95, 2012.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1988.

CUNHA, D. A.; COELHO, A. B.; FÉRES, J. G.; BRAGA, M. J.; SOUZA, E. C. **Irrigação como estratégia de adaptação de pequenos agricultores às mudanças climáticas: aspectos econômicos**. Piracicaba-SP: RESR, v. 51, n. 2, 2013

DAMASCENO, N. P. et al. O impacto do Pronaf sobre a sustentabilidade a agricultura familiar, geração de emprego e renda no estado do Ceará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. v.49 n.1. 2011

DERESSA, Temesgen Tadesse et al. Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia. **Global environmental change**, v. 19, n. 2, p. 248-255, 2009.

DOVERS, S.R.; HANDMER, J.W. Uncertainty, sustainability and change. *Global Environmental Change*, v.2, n.4, p.262-276, 1992.

FÁVERO, P. **Métodos quantitativos com stata: procedimentos, rotinas e análise de resultados**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de estatística**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 1996 320p

GNADLINGER, J.; SILVA, A. S.; BRITO, L. T. L. **Programa Uma Terra e Duas Águas para um semiárido sustentável**. 2008. Disponível em:

<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/159651/1/OPB1516.pdf>>. Acesso em: 04/07/2019

- GOMES, I. Sustentabilidade social e ambiental na agricultura familiar. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 5, n. 1, 2004
- HARVEY, C. A.; RODRÍGUEZ, M. S.; RODRÍGUEZ, R. M.; VIGUERA, B.; GUADARRAMA, A. C.; VIGNOLA, R.; ALPIZAR, F. Climate change impacts and adaptation among smallholder farmers in Central America. **Agriculture & Food Security**, v. 7, n. 57, 2018
- IPECE – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil básico municipal**. Fortaleza, 2017. Disponível em < <https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal-2017/>> acesso em 04/06/2019
- JALFIM, F.; SANTIAGO, F. S. **O sistema bioágua familiar**. 2017. Disponível em: < <https://www.cta.int/en/article/o-sistema-bio%C3%A1gua-familiar-sid0509a8dda-3b11-4382-af93-680d4c6d7bc0>>
- MAIA, G. S. Avaliação e sustentabilidade dos programas de assentamento agrícola no estado do Ceará um estudo de caso. **Dissertação de Mestrado** – Universidade Federal do Ceará (UFC). Departamento de Economia Agrícola, Fortaleza, 2012
- MAIA, G. S.; KHAN, A. S.; SOUSA, E. P. Avaliação do impacto do programa de reforma agrária federal no Ceará: um estudo de caso. Ribeirão Preto: **Economia Aplicada**, v.17, n. 3, 2013
- MALVEZZI, R. Semi-Árido: uma visão holística. **Coleção Pensar o Brasil**. 2007
- MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, 2008
- MARENGO, J. A.; BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. **Climate Change**, 2015 doi-
org.ez11.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10584-014-1310-1
- MARENGO, J. A. et al . Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **An. Acad. Bras. Ciênc.**, Rio de Janeiro , v. 90, n. 2, supl. 1, p. 1973-1985, Aug. 2018 .
- MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil-past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, 2017. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1840-8>
- MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. **Economia e Desenvolvimento**, n. 16, 2004
- MOLDAN, B.; JANOUAKOVÁ, S.; HÁK, T. How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. **Ecological Indicators**, v.17, p. 4-13, 2012.
- NEVES, R. S.; MEDEIROS, J. C. A.; SILVEIRA, S. M. B.; MORAIS, C. M. M. Programa Um Milhão de Cisternas: guardando água para semear vida e colher cidadania. **Revista Agriculturas**, v. 7, n. 3, 2010
- RODRIGUES, A. S. **Avaliação do impacto do Projeto Hora de Plantar sobre a sustentabilidade dos agricultores familiares da Microrregião do Cariri (CE): o caso o híbrido**. Tese de doutorado (PRODEMA-UFC) 2016
- ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. **Observational Studies**. New York: Springer, 2002

- ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, v. 70, 1983
- SAMBUICHI, R. H. R. O desafio da sustentabilidade na produção agropecuária. **Desafios do Desenvolvimento**. 2014
- SANTIAGO, F...[et al.]. **Manual de implantação e manejo do sistema bioágua familiar**: reúso de água cinza doméstica para a produção de alimentos na agricultura familiar do semiárido brasileiro. Carnaúbas: ATOS, 2015
- SANTOS FILHA, M. E. C.; ARAUJO, M. T. L. **Aspecto para implantação de sistemas de reúso de águas cinzas em comunidades rurais no estado do Ceará – estudo de caso: projeto São José III**. In: VI Simpósio em Economia Rural: políticas públicas e geração de renda no Nordeste rural. Fortaleza, 2018
- SANTOS, K. F. **Estudo dos impactos gerados pelas tecnologias sociais de gestão hídrica sobre a sustentabilidade do pequeno agricultor no semiárido cearense**: o caso dos municípios de Cariús e Saboeiro. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013
- SANTOS, R. Trabalho e educação entre jovens de 15 a 29 anos residentes no campo: desafios à ampliação da escolaridade. Brasília: **Revista brasileira de estudos pedagógicos**, v. 98, n. 250, 2017
- SARTORI, S.; LATRÔNICO, F.; CAMPOS, L. M. S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. São Paulo: **Ambiente & Sociedade**, v.17, n. 1, 2014
- SILVA, S. A.; GAMA, J. A. S.; CALLADO, N. H.; SOUZA, V. C. B. Saneamento básico e saúde pública na bacia hidrográfica don Riacho Reginaldo em Maceió, Alagoas. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 22, n. 4, 2017
- SOUSA, A. B.; COSTA, C. T. F.; FIRMINO, P. R. A.; BATISTA, V. S. Tecnologias sociais de convivência com o Semiárido na região do Cariri cearense. Brasília: **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 34, n. 2, 2017. p. 197-220
- SOUZA FILHO, H. M.; BUAINAIN, A. M.; GUANZIROLI, C.; BATALHA, M. O. Agricultura familiar e tecnologia no Brasil: características, desafios e obstáculos. 2007. Disponível em: <www.sober.org.br/palestra/12/09O442.pdf>. Acesso em: 29/07/2019.
- THATHSARANI, U. S.; GUNARATNE, L. H. P. Constructing and Index to Measure the Adaptive Capacity to Climate Change in Sri Lanka. **Procedia engineering**, v. 212, p. 278-285, 2018.

APÊNDICE A

Tabela 1A: Critérios de escolha do modelo binário para estimar o escore de propensão

Critérios	Modelo	
	Logit	Probit
AIC	54,8235	54,9685
BIC	83,8055	83,9506
Curva ROC	0,9819	0,9835
Pseudo R ²	0,7630	0,7619
Casos corretamente classificados	95,15%	95,15%

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Tabela 2A: PStest para os matchings por vizinho mais próximo, Kernel e Radius

MÉTODOS DE PAREAMENTO	PSEUDO R ²
Vizinho mais próximo (5 vizinhos)	0,301
Radius (0,05)	0,354
Kernel (0,05)	0,387

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.