



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA RURAL

MARIA JOSIELL NASCIMENTO DA SILVA

EFEITO DAS TECNOLOGIAS SOCIAIS DE REAPROVEITAMENTO DE
ÁGUA PARA FINS AGRÍCOLAS NO SEMIÁRIDO CEARENSE

FORTALEZA

2020

MARIA JOSIELL NASCIMENTO DA SILVA

EFEITO DAS TECNOLOGIAS SOCIAIS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA
PARA FINS AGRÍCOLAS NO SEMIÁRIDO CEARENSE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Economia Rural. Área de concentração: Políticas Públicas e Desenvolvimento Rural Sustentável.

Orientador: Prof. PhD. Ahmad Saeed Khan

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S581e Silva, Maria Josiell Nascimento da.
Efeito das tecnologias sociais de reaproveitamento de água para fins agrícolas no semiárido cearense /
Maria Josiell Nascimento da Silva. – 2020.
61 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Economia Rural, Fortaleza, 2020.
Orientação: Prof. Dr. Ahmad Saeed Khan.

1. Semiárido. 2. P1+2. 3. Reuso de Águas Cinzas. I. Título.

CDD 338.1

MARIA JOSIELL NASCIMENTO DA SILVA

EFEITO DAS TECNOLOGIAS SOCIAIS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA PARA
FINS AGRÍCOLAS NO SEMIÁRIDO CEARENSE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Economia Rural. Área de concentração: Políticas Públicas e Desenvolvimento Rural Sustentável.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. PhD. Ahmad Saeed Khan (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Guillermo Gamarra Rojas
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr^a. Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr^a Ana Tereza Bittencourt Passos
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Aos meus pais, Luciemir Galdino e Francisca
Paula.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa.

Ao Prof. Dr. Ahmad Saeed Khan, pela excelente orientação, por toda a credibilidade depositada em mim e pela ajuda excepcional durante esta trajetória.

À professora Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima, por toda a ajuda durante o mestrado, as palavras de apoio e incentivo e excelentes considerações nos artigos aqui desenvolvidos.

Aos professores participantes da banca examinadora, Guillermo Gamarra Rojas e Ana Tereza Bittencourt Passos, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos professores Francisco José Silva Tabosa e Edward Martins Costa, pelos conhecimentos compartilhados e apoio nesse Programa.

Aos meus colegas, pelos bons momentos que tivemos juntos e pelas trocas de conhecimento e experiências, especialmente aos meus queridos amigos que, além de sermos colegas de turma, dividiam apartamento comigo - Nataniele e Domingos.

Ao meu amado companheiro, Rômulo Almeida, por estar do meu lado e me apoiar nesta trajetória acadêmica. Agradeço-lhe também por me trazer tantas alegrias, fazendo minha vida mais feliz e radiante.

O mais importante, agradeço a minha família, nas pessoas de Luciemir, Francisca Paula, Josianne e Joalison, os responsáveis por eu estar me tornando mestra em Economia Rural e, possivelmente, doutora. Sem a luta deles eu não poderia ter esta oportunidade.

RESUMO

A presente dissertação traz em seu conteúdo dois artigos que tratam a respeito de tecnologias sociais de reaproveitamento de água para irrigação no semiárido cearense. Ambos os artigos se utilizaram do *Propensity Score Matching* como método para obtenção das estimativas dos impactos dos programas. Os dados das pesquisas dos dois trabalhos supracitados foram coletados *in loco*, em julho de 2018. O primeiro artigo, intitulado *Impacto do p1+2 no trabalho, renda e sustentabilidade agrícola da agricultura familiar do semiárido cearense*, faz uma avaliação do impacto do P1+2 na renda, emprego e sustentabilidade ambiental da produção dos seus beneficiários no Município de Iguatu-CE. Os resultados encontrados indicam que o programa está promovendo melhorias na renda agrícola e agropecuária do público beneficiado. No que diz respeito aos empregos e à sustentabilidade da produção, não foi possível obter resultados estatisticamente significantes de ATT. No que concerne à comparação da média do índice de sustentabilidade na produção entre os beneficiários e não beneficiários, há diferença significativa favorável ao grupo de beneficiários. O outro artigo - *Reuso de Águas Cinzas: uma análise dos efeitos na renda e na sustentabilidade ambiental da produção dos agricultores familiares do semiárido cearense* - avalia o Programa de reutilização de águas cinzas no Município e Iguatu quanto aos seus efeitos sobre a renda e a sustentabilidade da produção agrícola. Os resultados mostraram que esse programa está surtindo efeitos sobre a sustentabilidade agrícola dos agricultores familiares beneficiários, em razão do incentivo às práticas mais sustentáveis na produção.

Palavras-chave: Semiárido. P1+2. Reúso de águas Cinzas.

ABSTRACT

The present dissertation contains in its content two articles dealing with social technologies for reusing water for irrigation in the semiarid region of Ceará. Both articles used Propensity Score Matching as a method to obtain estimates of the impacts of the programs. The research data of the two aforementioned works were collected in loco, in July 2018. The first article, entitled *Impact of p1 + 2 on work, income and agricultural sustainability of family farming in the semiarid Ceará*, makes an assessment of the impact of P1 + 2 on income, employment and environmental sustainability of the production of its beneficiaries in the municipality of Iguatu-CE. The results found indicate that the program is promoting improvements in the agricultural and agricultural income of the beneficiary public. With regard to jobs and production sustainability, it was not possible to obtain statistically significant results from ATT. Regarding the comparison of the average sustainability index in production between beneficiaries and non-beneficiaries, there is a significant difference in favor of the group of beneficiaries. The other article - *Reuse of Águas Cinzas: an analysis of the effects on income and environmental sustainability of the production of family farmers in the semi-arid region of Ceará* - assesses the gray water reuse program in the Municipality and Iguatu regarding its effects on income and sustainability agricultural production. The results showed that this program is having an effect on the agricultural sustainability of the beneficiary family farmers, due to the incentive to more sustainable practices in production.

Keywords: Semiarid. P1 + 2. Reuse of gray waters.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Características dos beneficiários e não beneficiários do P1+2 em Iguatu (2018).....	28
Tabela 2	– Índices ambiental, econômico e de ocupação para os beneficiários e não beneficiários do P1+2 em Iguatu-CE (2018).....	30
Tabela 3	– Testes de ajuste do modelo logístico.....	31
Tabela 4	– Modelo logístico e os efeitos marginais para beneficiários e não beneficiários do P1+2.....	32
Tabela 5	– Diferenças nas médias das características observáveis antes e após o pareamento.....	33
Tabela 6	– Efeito do P1+2 sobre os agricultores de Iguatu-CE (2018).....	34
Tabela 7	– Análise de sensibilidade pelo método de limites de Rosenbaum.....	35
Tabela 8	– Características das famílias beneficiárias e não beneficiárias do Programa de Reuso de Águas Cinzas.....	47
Tabela 9	– Percentual de agricultores por adesão de práticas agrícolas e ISA dos beneficiários e não beneficiários do Reuso de Águas Cinzas em Iguatu-CE.....	49
Tabela 10	– Efeito do reuso de águas cinzas na renda agrícola e ISA dos Agricultores familiares iguatenses.....	50
Tabela 11	– Teste de sensibilidade de Rosenbaum.....	51
Tabela 1A	– PStest para os matchings por vizinho mais próximo, Kernel e Radius.....	60
Tabela 1B	– Modelo logístico utilizado para estimar o $P(x)$	61
Tabela 2B	– Critérios de escolha do modelo binário para estimar o $P(x)$	61
Tabela 3B	– PStest para os matchings por vizinho mais próximo, Kernel e Radius.....	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	IMPACTO DO P1+2 NO TRABALHO, RENDA E SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA DA AGRICULTURA FAMILIAR DO SEMIÁRIDO CEARENSE.....	15
2.1	Introdução.....	15
2.2	Referencial Teórico.....	16
2.2.1	<i>Contextualização dos recursos hídricos no Estado do Ceará.....</i>	16
2.2.2	<i>Nova proposta de desenvolvimento do Semiárido brasileiro.....</i>	17
2.2.3	<i>Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável.....</i>	20
2.3	Metodologia.....	21
2.3.1	<i>Base de dados e área de estudo.....</i>	22
2.3.2	<i>Dimensionamento da amostra.....</i>	23
2.3.3	<i>Construção dos índices.....</i>	23
2.3.4	<i>Modelo econométrico.....</i>	24
2.4	Resultados e discussão.....	28
2.4.1	<i>Perfil sociodemográfico dos beneficiários e não beneficiários do P1+2 em Iguatu.....</i>	28
2.4.2	<i>Inferências a partir da aplicação do PSM.....</i>	31
2.5	Considerações finais.....	36
3	REUSO DE ÁGUAS CINZAS: UMA ANÁLISE DOS EFEITOS NA RENDA E NA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DOS AGRICULTORES FAMILIARES DO SEMIÁRIDO CEARENSE.....	38
3.1	Introdução.....	38
3.2	Descrição do programa de Reuso de Águas Cinzas para fins agrícolas no Semiárido cearense.....	40
3.3	Metodologia.....	42
3.3.1	<i>Área de estudo e descrição da amostra.....</i>	42
3.3.2	<i>Índice de Sustentabilidade agrícola.....</i>	42
3.3.3	<i>Propensity Score Matching.....</i>	43
3.3.4	<i>Análise de Sensibilidade.....</i>	46

3.4	Resultados e discussão.....	47
3.5	Considerações finais.....	51
4	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS	54
	APÊNDICE A.....	60
	APÊNDICE B.....	61

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de recursos hídricos coloca o Brasil em uma posição privilegiada, já que concentra cerca de 12% da água doce do mundo. Entretanto, a sua distribuição não ocorre de maneira uniforme no território nacional, onde somente a Amazônia detém 80% da água doce do país e abriga 13,4% da população, enquanto a região do Semiárido dispõe de apenas de 4%, mas abriga 35% da população brasileira (MARENGO, TOMASELLA e NOBRE, 2017).

Essa desigualdade da distribuição de recursos hídricos, assim como os problemas enfrentados pela população semiárida, devido à escassez de água é tratada em diversos estudos publicados nacional e internacionalmente. No entanto, as mudanças climáticas podem agravar esse cenário, como tratam Marengo (2008) e Marengo, Tomasalla e Nobre (2017), ao evidenciar que as mudanças climáticas tendem a asseverar as secas no Nordeste brasileiro. O agravamento da seca no Semiárido afeta especialmente os pequenos agricultores familiares, pois este é um segmento bastante vulnerável às mudanças do clima, devido sua baixa capacidade de adaptação a esses fenômenos (COHN *et al.*, 2017; ALTERI e KOOHAFKAN, 2008).

Com isso, alternativas que se propõem a mitigar a vulnerabilidade aos efeitos das secas e a ampliar a capacidade adaptativa dos residentes rurais e dos agricultores familiares da região semiárida estão ganhando maior visibilidade. Um dos principais programas lançado, em 2001, com vistas a melhorar a convivência da população do Semiárido com a baixa disponibilidade hídrica, foi o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), que consiste em construir cisternas de placas para armazenar água da chuva para o consumo humano das famílias durante o ano todo. As cisternas comportam 16 mil litros de água, o suficiente para o consumo humano de uma família de até 5 membros por até um ano.

Desta forma, as famílias da região semiárida que foram beneficiadas com a tecnologia oferecida pelo programa têm acesso a água potável de qualidade, diminuindo assim, a suscetibilidade dessas pessoas a doenças adquiridas a partir do consumo de água imprópria (salobra), mas que muitas vezes é a única alternativa em períodos de longa estiagem e reduzindo também o desgaste quanto ao deslocamento para obtenção de água. Esse programa já beneficiou 619.943 famílias até março de 2019 (ASA, 2019) e há uma gama de trabalhos que apontam os efeitos positivos do P1MC. No trabalho de Nascimento (2016) foi percebida a melhoria da qualidade de vida de beneficiários, ao passo que, na pesquisa

realizada por Silva (2015), foi diagnosticada uma relação causal entre o tempo de atuação do PIMC e a redução da mortalidade infantil causada por doenças diarreicas agudas, e em períodos de maior crescimento do número de cisternas o efeito sobre a queda da mortalidade infantil foi mais forte.

O PIMC confirmou-se como uma iniciativa de sucesso no que concerne a ampliação do acesso a água para o consumo humano, no entanto, a escassez hídrica também afeta profundamente a produção dos pequenos agricultores, reduzindo seus rendimentos e a segurança alimentar de suas famílias, além de impulsionar as migrações campo-cidade. Em vista disso, em 2007 foi lançado o Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2), um programa que visa a construção de tecnologias de armazenamento de água da chuva, só que o intuito é irrigar pequenas produções agrícolas.

O programa possui um arcabouço de sete tecnologias, são elas: cisterna calçadão, cisterna enxurrada, barreiro trincheira, barragem subterrânea, tanque de pedra, barraginha e bomba d'água popular (ASA, 2019). Até março de 2019 este programa beneficiou 106.600 famílias do semiárido brasileiro e de acordo com a análise feita por Alencar Justo e Alves (2018), os beneficiários do P1+2 estão conseguindo maiores rendimentos agrícolas que os não beneficiários. Um outro aspecto que esse programa está conseguindo êxito (SANTOS, 2013) é na incorporação, por parte dos agricultores, de práticas agrícolas menos agressivas ao meio ambiente, por meio do incentivo às práticas agroecológicas.

Os resultados do P1+2 se mostram positivos, e o programa está conferindo melhor adaptação dos agricultores familiares da região semiárida à seca, mas ainda há como ampliar a oferta de água para irrigar pequenas produções no Semiárido. Nesse contexto, se insere o programa de Reuso de Águas Cinzas, que além de aumentar a disponibilidade de água para irrigação reduz os riscos trazidos, especialmente à saúde e ao meio ambiente, com a disposição incorreta do esgoto doméstico.

Nesse sentido, as tecnologias sociais para a convivência com o semiárido estão ganhando destaque ao possibilitar maneiras de captar e armazenar água da chuva ou reciclar a água já usada nos domicílios. Essas técnicas estão possibilitando o aumento da disponibilidade de água para as famílias rurais do semiárido brasileiro, tanto para o consumo humano quanto para a produção de alimentos.

Tendo em vista a ampliação desses programas, é necessário que sejam atestados os impactos dessas tecnologias nas famílias beneficiadas. Portanto, este estudo se propõe a fazer uma avaliação dos impactos do P1+2 e do programa de Reuso de Águas Cinzas na renda, número de ocupações e sustentabilidade ambiental na produção dos agricultores

familiares do município de Iguatu, no Ceará. Os resultados foram obtidos por meio do uso do *propensity score matching*. Os dados de ambas as pesquisas foram coletados diretamente com os beneficiários e não beneficiários por meio de questionários aplicados em julho de 2018.

2 IMPACTO DO P1+2 NO TRABALHO, RENDA E SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA DA AGRICULTURA FAMILIAR DO SEMIÁRIDO CEARENSE

2.1 Introdução

A associação entre a vulnerabilidade socioeconômica do semiárido brasileiro e a escassez de água gerou uma série de intervenções governamentais que não promoveram mudanças estruturais e efetivas para as pessoas que residem nessa região (PASSADOR *et al.*, 2007). A cada ano de seca os problemas se repetem apesar dos grandes açudes construídos, dos perímetros irrigados e das políticas agrícolas implementadas, ocorrendo perdas de safra deixando a população suscetível a escassez de alimentos e, conseqüentemente à fome.

Não obstante as condições climáticas predominantes do seminário brasileiro, muitas pessoas residem nessa região. Segundo Ramos e Sampaio (2007), é necessária uma cultura de convivência que considere o fenômeno da seca, os recursos naturais disponíveis e a cultura daqueles que vivem nessa região, criando meios que garantam o acesso da população rural à água para consumo humano, e para suas atividades produtivas. As tecnologias sociais¹ de gestão dos recursos hídricos têm essa pretensão. Como exemplo de tais tecnologias destacam-se as cisternas de placas.

Nos últimos anos foram construídas cisternas de placas em muitos domicílios rurais no semiárido brasileiro. Um dos principais disseminadores dessa tecnologia é a “Articulação do Semiárido – ASA”, instituição constituída pela união de organizações não governamentais (ONGs), movimento dos trabalhadores rurais e alguns organismos de igrejas, que implementaram o Programa de Formação e Mobilização Social para Conviver com Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais – P1MC, que visa a construção de um milhão de cisternas de placas para a captação e armazenamento da água da chuva. A responsabilidade de construir, manter o controle social, de capacitação e implementação das unidades gestoras é da ASA e de outras organizações, como a Federação Brasileira dos Bancos – FEBRABAN.

Dada a aceitação do P1MC, a ASA formulou e implementou um novo programa chamado “Uma Terra e Duas Águas” ou P1+2. O objetivo desse programa é ir além da oferta de água para o consumo humano, podendo gerar um transbordamento para a agricultura, com o intuito de promover a segurança alimentar e produzir excedentes financeiros, como por

¹ Tecnologia social é um termo usado para designar produtos ou técnicas de baixo custo destinadas a sanar ou mitigar um problema social e implica participação, autonomia e autogestão de seus usuários (JESUS e COSTA, 2013).

exemplo, o aumento da renda e do emprego.

As cisternas adquiriram um importante papel socioeconômico no semiárido devido a possibilidade de promover a capacidade adaptativa da população à condição de seca, uma vez que permitem armazenar a água das chuvas, sem que esta seja exaurida pela insolação, evaporação e/ou evapotranspiração. Durante a presença da seca, a sobrevivência das camadas mais pobres da população rural torna-se dependente de políticas emergenciais, como o carro-pipa. Ademais, a população é obrigada a caminhar grandes distâncias para obter água e, na maioria das vezes, imprópria para o consumo humano e até mesmo animal.

O cenário atual decorrente do período de seca mais longo que o estado do Ceará enfrentou, período esse de 2012 a 2017, de acordo com Brito *et al.* (2017), ocasionou grande redução do volume de água armazenada nos reservatórios. Em maio de 2012 o estado contava uma capacidade de 48,9% de água acumulada e em 2017 esse percentual reduziu para 12,15% (GONDIM *et al.*, 2017), o que tornou a população semiárida do estado do Ceará mais vulnerável às perdas de safras.

Diante dos problemas gerados pela seca no semiárido cearense, as tecnologias sociais de gestão hídrica aparecem como forma alternativa de desenvolvimento sustentável, onde o pequeno agricultor tem gestão sobre a água que armazena. Nessa perspectiva, este estudo tem como objetivo mensurar os efeitos do P1+2 sobre a renda, o emprego e a sustentabilidade na produção dos pequenos agricultores do semiárido cearense.

Além desta introdução, o estudo é constituído por mais quatro seções: a segunda é dedicada a apresentar o referencial teórico; a terceira seção é responsável por apresentar a metodologia utilizada; a quarta parte é onde estão os resultados e as discussões; e, por fim a seção das considerações finais.

2.2 Referencial Teórico

2.2.1 Contextualização dos recursos hídricos no estado do Ceará

Em 1777, foi registrada uma das primeiras grandes secas no Ceará, que ocasionou um severo impacto na economia local. Segundo Taddei; Broad; Pfaff (2007, p. 3), a seca causou, nesse período, “a morte de quase todo o rebanho do Estado, encerrando um curto ciclo de desenvolvimento econômico em que o Ceará se tornara o principal produtor de carne da colônia portuguesa”.

Durante o período de 1877 a 1879, outra seca ainda mais severa voltou a atingir o

Estado, quando se registrou a morte de 500 mil pessoas². Nesse período, a cidade mais desenvolvida era Fortaleza, sendo essa o centro de migração local. Cerca de 110 mil pessoas abandonaram seus lares no interior para irem em busca de ajuda na capital do estado. Os efeitos da seca de 1877 sobre a sociedade na zona rural do Nordeste, principalmente sobre a sociedade cearense, conduziu, segundo Taddei, Broad; Pfaff (2007) o governo imperial e, posteriormente, federal a alocar seus melhores técnicos na luta contra a seca, utilizando recursos científicos e tecnológicos como armas principais.

Da grande seca de 1877, gerou-se um movimento em torno da realização dos primeiros estudos de previsão e incidência cíclica do fenômeno. Desta forma, vários estudos na tentativa de entender esse evento e sua previsibilidade foram realizados nas primeiras décadas do século XX (KHAN *et al.*, 2005).

A constituição de 1934 incluiu dispositivo que orientava estratégias para auxiliar as vítimas da seca, o que criou uma fonte permanente de recursos para assistência aos flagelados e as obras de combate as secas. A principal estratégia adotada pelo Poder Público foi a construção e ampliação de grandes reservatórios de água. Os grandes açudes construídos, embora tenham tido papel importante na política de combate aos efeitos das secas, permitindo a acumulação de grande volume de água, não foram suficientes para evitar que a tragédia se repetisse, cada vez que as chuvas faltavam na Região (KHAN *et al.*, 2005).

Durante o governo Virgílio Távora (1979 – 1982), constatou-se que as construções de grandes obras, que provocavam o deslocamento dos emergenciados, foram evitadas a todo custo na programação das ações do governo (KHAN *et al.*, 2005). Em 1986, essa dinâmica começou a se modificar, quando um novo grupo político ganhou poder no Estado, e iniciaram um processo de reforma na gestão de água, transferindo parte da responsabilidade da gestão para o Estado (TADDEI; BROAD; PFAFF, 2007). Como informa Khan *et al.*, (2005), em 1987 o Ceará passou a ser administrado pelo chamado “Governo das Mudanças”, que assume posição firme no combate ao clientelismo político e monta um plano de governo nascido do debate com os diversos segmentos da sociedade.

2.2.2 Nova proposta de desenvolvimento do Semiárido brasileiro

Encontra-se na região do Nordeste o Polígono das Secas, caracterizado por baixa pluviosidade, entre 250 mm e 800mm anuais. Existem nesse clima duas estações distintas no ano, a estação chuvosa, que dura de três a cinco meses, e a época de seca, de 7 a 9 meses

² Ver Taddei; Broad; pfaff (2007).

(MAIA, 2004 *apud* RAMOS e SAMPAIO, 2007). A expressão do *semiárido* é refletida na região Nordeste, onde em virtude das limitações ambientais o processo produtivo é afetado negativamente, em especial, a pequena produção familiar e sua base, que é a agricultura de subsistência (BARBIERI, 2011). Além disso, os agricultores familiares têm sérios problemas relacionados à produção, principalmente no que diz respeito à assistência técnica e a dificuldades de acesso ao crédito, apesar de políticas públicas voltadas para este segmento.

Com a visão de que a seca era a causadora dos problemas que atingiam o semiárido brasileiro, as políticas públicas elaboradas para este espaço se baseavam, até os anos de 1980, na ideia de “combate à seca” como a solução para os problemas enfrentados pela região. Apenas a partir da década de 1990 é que as concepções a respeito dos problemas enfrentados pelo semiárido perpassavam por questões além da pluviometria, iniciando as discussões sobre uma cultura de convivência com a região (DINIZ e PIRAUX, 2011).

A reconfiguração desse ciclo de políticas foi especialmente influenciada pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento - Eco-92 e a emergência do conceito de desenvolvimento sustentável. No semiárido este conceito se apoia e mistura a noção de convivência com este espaço³. Essa adaptação consiste também na produção e estocagem em tempos de chuva para viver bem em tempos de seca, especialmente o armazenamento de água. A elaboração dessas novas estratégias de desenvolvimento para a região, demanda por uma intensa participação da sociedade civil, visto que é reconhecido internacionalmente que qualquer solução para crise de água envolve o aumento da participação dos principais interessados na governança da água (DINIZ e PIRAUX, 2011; MORAES e ROCHA, 2013).

Em meio à necessidade de criar uma política consistente de desenvolvimento da região semiárida, pautada nos princípios da convivência com a região e suas características, no ano de 1999, durante a 3ª Conferência das Partes da Convenção de Combate à Desertificação – COP3, em Recife, foi instituída a Articulação do Semiárido Brasileiro – ASA. Essa instituição é formada por mais de três mil organizações da sociedade civil de distintas naturezas – sindicatos rurais, associações de agricultores e agricultoras, cooperativas, ONG’s, Oscip, etc (ASA, 2019).

Ainda em 1999 a Agência Nacional de Águas – ANA negociou com o Governo Federal o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido – P1MC, que teve início em 2001, sendo executado desde então pela ASA (NEVES *et al.*,

³ Segundo Silva (2007), a ideia de convivência com o Semiárido é pautada na questão da adaptação inteligente por parte do agricultor.

2010). Nesse sentido, o P1MC é um programa que propõe a implementação de uma tecnologia simples de convivência com o semiárido (cisternas de placa), uma tecnologia social de armazenamento de água da chuva capaz de suprir as necessidades de consumo humano de uma família com cerca de cinco membros por um ano (NEVES *et al.*, 2010).

A proposta iniciada pela ASA com o P1MC tem a missão de oferecer água de qualidade para o consumo humano para a população do semiárido. Além de melhorias de saúde, o programa confere a essa população a diminuição de dependência política, desperdício e degradação do meio ambiente.

A ideia inspiradora para esse projeto tem como base os resultados satisfatórios sobre ações de que visam à captação e armazenamento de água de chuva por meio de cisternas que, há mais de 20 anos, diversas organizações da sociedade civil já haviam implantado no semiárido nordestino, integradas a um processo educativo para o bom gerenciamento do seu uso.

O objetivo principal desse programa é dar condições de acesso à água para consumo durante o período da estiagem para a população do semiárido, fazendo com que as famílias tenham melhorias na qualidade de suas vidas. As tecnologias de captação e manejo de água de chuva possibilitam utilizar parte dessa água não aproveitada, que retornaria à atmosfera por evapotranspiração, percorreria para as camadas mais profundas do solo ou escorreria superficialmente para os rios (GNADLINGER, SILVA e BRITO, 2008).

Desde que surgiu, em 2003, até março de 2019, o P1MC construiu cerca de 619.943 cisternas, beneficiando mais de 2,5 milhões de pessoas (ASA, 2019).

Em 2007, a ASA iniciou o Programa de Formação e Mobilização Social pra Convivência com o Semiárido: Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2) que tem como objetivo a consolidação das estratégias de convívio com o clima semiárido. Nesse programa são adotadas tecnologias simples e baratas que os agricultores possam dominar⁴. São muitas as técnicas para captar água e a utilizar na produção de alimentos. A ASA trabalha com as seguintes tecnologias: cisterna calçadão, cisterna de enxurrada, barragem subterrânea, tanque de pedra, barragem trincheira, e bomba d'água popular.

Embora o P1+2 tenha como referência a experiência chinesa, o programa conta com o acervo tecnológico e de conhecimentos desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Semiárido, bem como com as experiências das diversas

⁴ O projeto concentra esforços para fomentar a elaboração de processo participativos de gestão hídrica, com vistas a 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).

comunidades sertanejas na luta terra-água por uma convivência sustentável, que se constituem na base do desenvolvimento do semiárido brasileiro (GNADLINGER, SILVA e BRITO, 2008).

As cisternas construídas pelo programa têm capacidade para armazenar 52 mil litros de água. Cerca de 3000mm 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. Muitas vezes, o emprego dessa tecnologia para captar água de chuva para a produção vem acompanhado da mandala, outra tecnologia, voltada para usar racionalmente a água captada (MALVEZZI, 2007).

A produção de alimentos baseia-se na lógica de agroecologia, ou seja, uma agricultura de base ecológica. O destino da produção atende à demanda familiar e em muitos casos há comercialização de excedente em feiras agroecológicas nas próprias comunidades e até no Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e no Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE).

As ações do P1+2, assim como do P1MC fazem parte do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido, portanto, os critérios de participação são os mesmos para ambos os programas. 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.

2.2.3 Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável

A sustentabilidade define ações e atividades que visam suprir as necessidades atuais da sociedade, sem prejudicar as gerações futuras. Em um conceito sistêmico, sustentabilidade está relacionada à continuidade dos aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais da sociedade. De acordo com Bellen (2004), a base do conceito de sustentabilidade é a utilização dos serviços da natureza dentro do princípio da manutenção do capital natural, isto é, o aproveitamento dos recursos naturais dentro da capacidade de carga do sistema. Ainda para o autor, a sustentabilidade requer um padrão de vida dentro dos limites impostos pela natureza.

Segundo Bellen (2004), a sustentabilidade parte do princípio de que se deve viver

dentro da capacidade do capital natural disponível em cada localidade. Ao complementar essa ideia, Caron (2003 p. 43 *apud* BELLEN, 2004) afirma que “a sustentabilidade do desenvolvimento local é dada pelo desenvolvimento do ser humano que possibilita a constante inovação e renovação do processo de desenvolvimento econômico, social, ambiental, cultural, político, institucional”.

Assim, a sustentabilidade assume um novo critério básico e integrador, que, segundo Jacobi (2003), precisa estimular permanentemente as responsabilidades éticas, na medida em que a ênfase nos aspectos extra econômicos serve para reconsiderar os aspectos relacionados com a equidade, a justiça social e a ética dos seres vivos.

Há pouco mais de 30 anos, as discussões sobre o esgotamento dos recursos naturais e a preocupação com o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável eram mais pontuais, haja vista a espera da evolução do processo tecnológico. Entretanto, a partir da década de 1990 surgiu a consciência de que os problemas ambientais já haviam atingido um alto grau de extensão, que representavam um verdadeiro desafio à sobrevivência da humanidade (MIKHAILOVA, 2004).

Em junho de 1972 na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, é concebido o termo “desenvolvimento sustentável”. O esgotamento dos recursos naturais frente ao modelo de desenvolvimento econômico dos países hegemônicos “foi o grande precursor desta conferência que mobilizou vários países numa discussão que ainda permeia as agendas governamentais”. (OLIVEIRA, 2006, p. 10).

Uma sociedade só é dita sustentável quando não produz nenhum elemento capaz de afetar de forma negativa o meio ambiente. “Desenvolvimento sustentável é aquele que melhora a qualidade de vida do homem na Terra ao mesmo tempo em que respeita a capacidade de produção dos ecossistemas nos quais vivemos”. (MIKHAILOVA, 2004, p. 4 e 5). O desenvolvimento sustentável caracteriza-se, portanto, não como estado fixo de harmonia, mas sim como um processo de mudanças, no qual se compatibilizam a exploração de recursos, o gerenciamento de investimento tecnológico e as mudanças institucionais como o presente e o futuro (CANEPA, 2007, *apud* OLIVEIRA, 2006).

Atualmente, o conceito de desenvolvimento sustentável foi definido na Cúpula Mundial em 2002, envolvendo, segundo Mikhailova (2004, p.7),

[...]a definição mais concreta do objetivo de desenvolvimento atual (a melhoria da qualidade de vida de todos os habitantes) e ao mesmo tempo distingue o fator que limita tal desenvolvimento e pode prejudicar as gerações futuras (o uso de recursos naturais além da capacidade da Terra).

Mikhailova (2004, p.6) destaca que “por enquanto o desenvolvimento sustentável pode requerer ações distintas em cada região do mundo, os esforços para construir um modo de vida verdadeiramente sustentável requerem a interação de ações em áreas chave”, conforme está na sequência.

I – Crescimento e Equidade Econômica – os sistemas econômicos globais, hoje interligados, demandam uma abordagem integrada para promover um crescimento responsável de longa duração, ao mesmo tempo em que asseguram que nenhuma nação ou comunidade seja deixada para trás.

II – Desenvolvimento Social – em todo o mundo, pessoas precisam de emprego, alimento, educação, energia, serviço de saúde, água e saneamento. Enquanto discutem-se tais necessidades, a comunidade mundial deve também assegurar que a rica matriz de diversidade cultural e social e os direitos trabalhistas sejam respeitados, e que todos os membros da sociedade estejam capacitados a participar na determinação de seus futuros.

III – Conservação de Recursos Naturais e do Meio Ambiente – para conservar nossa herança ambiental e recursos naturais para as gerações futuras, soluções economicamente viáveis devem ser desenvolvidas com o objetivo de reduzir o consumo de recursos, deter a poluição e conservar os habitats naturais.

Portanto, para pensar em desenvolvimento sustentável, é necessário de imediato levar em consideração o problema da escassez dos recursos naturais e, deste então, traçar um planejamento de longo prazo para um caminho que garanta o desenvolvimento integrado e participativo e que considere a valorização e o uso racional dos recursos naturais (MATOS e ROVELLA, 2010). Nesse estudo será considerado a questão da sustentabilidade ambiental na produção agrícola, que pode ser entendida como a utilização de práticas de cultivo com menor dano ao ambiente, mas que ao mesmo tempo contribua com a reprodução da unidade de produção dos agricultores.

2.3 Metodologia

2.3.1 Base de dados e área de estudo

A área de estudo escolhida para a pesquisa foi o semiárido cearense, devido a sua histórica exposição a períodos recorrentes de estiagem e ao grande número de famílias beneficiadas com o programa P1+2, em que até março de 2019, foram construídas 13.403 cisternas para produção agrícola (ASA, 2019). Como subárea optou-se pelo Município de Iguatu, localizado na região centro-sul do Ceará, uma área suscetível a longos períodos de

estiagem, devido seu clima tropical semiárido, caracterizado pela irregularidade de chuvas no tempo-espaço, assim como são outros 98 municípios cearenses. Este é um município com características similares à maioria dos demais do estado e com temperaturas acima dos 25° C (IPECE, 2018). Desta forma, os resultados encontrados para este município podem dar informações que possam ser extrapoladas para outras áreas do Ceará.

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

O estudo tem uma natureza exploratória e bibliografia uma vez que, conforme descrição de Gil (1991) este tipo de pesquisa visa proporcionar maior familiaridade com um dado problema com vistas a torná-lo explícito e envolve levantamento bibliográfico. Nesse sentido foram realizados levantamentos bibliográficos a partir de material já publicado.

2.3.2 Dimensionamento da amostra

A estimativa do tamanho da amostra de beneficiários foi calculada de acordo com Fonseca e Martins (1996), para populações finitas do tipo aleatória simples. Para determinar a fórmula do dimensionamento segue-se o procedimento a seguir:

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

Em que:

n = tamanho da amostra

σ = nível de confiança escolhido, expresso em número de desvio

p = % a qual o fenômeno se verifica

q = percentagem complementar

N = tamanho da população

e = erro máximo permitido

O P1+2 beneficia 101 famílias no município de Iguatu. Ao ser considerado um nível de confiança de 90% e um erro máximo de 10%, assumindo que há 50% de chance de o evento ocorrer, obteve-se uma amostra de 40 famílias.

2.3.3 Construção dos índices

Os índices trazidos nessa pesquisa têm como finalidade proporcionar uma maior elucidação das características dos beneficiários e não beneficiários do P1+2, tentando estabelecer uma análise comparativa entre os grupos. Foram usados os índices ambientais

(IA) e o índice econômico (IE). A forma como foram construídos está apresentado na equação 2:

$$IX = \frac{1}{w} \sum_{y=1}^w IY \quad (2)$$

Em que:

IX = índice (IA ou IE)

I = escore do y -ésimo indicador

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

W = número de indicadores

O IA e/ou IE podem variar de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1, maior o nível atingido pelos entrevistados a respeito de um determinado tema. Pode-se classificar os índices de acordo com o proposto por Damasceno, *et al.* (2011):

- I) Baixo nível de sustentabilidade $0 < IA/IE \leq 0,5$
- II) Médio nível de sustentabilidade $0,5 < IA/IE \leq 0,8$
- III) Alto nível de sustentabilidade $0,8 < IA/IE \leq 1$

O IA é formado pelas variáveis relacionadas ao modo de produção, a saber: se o produtor faz queimadas, usa esterco para fertilizar o solo, realiza plantio direto, descanso de terra, rotação de culturas, usa fertilizante químico, usa arado mecânico, sementes resistentes, faz capina manual ou atração animal, usa herbicida, se faz adubação verde, se faz quebra vento, usa agrotóxico, usa extratos vegetais, faz conservação do solo. O IE é feito a partir das variáveis relacionadas aos bens duráveis, se no domicílio possui geladeira, fogão a gás, máquina de costura, televisão, motocicleta.

2.3.4 Modelo econométrico

Para que seja possível alcançar os objetivos do trabalho, foi usado o método *Propensity Score Matching*, a fim de termos as diferenças entre o grupo que recebeu o P1+2 e o grupo que não possuem a tecnologia. O *Propensity Score Matching* foi criado por Rosenbaun e Rubin em 1983 para resolver o problema de viés de seleção que algumas metodologias encontravam, ao fazer tal comparação, pois não possuíam um suporte comum entre os grupos distintos.

O método pode ser implantado a partir de uma variável de controle, o *propensity score* $P(x)$, definido com a probabilidade condicional de um indivíduo pertencer ao grupo de

beneficiários, dadas as suas características observáveis (ROSENBAUN e RUBIN, 1983), isto é:

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

Assim, segundo Rosenbaun 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, sendo vinculado de forma condicional a este, as unidades terão a mesma probabilidade de serem escolhidas para comporem os grupos de beneficiários ou não beneficiários, isto é, $y^{As}, y^{com}, \perp C|X$. Isso 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, segundo Sampaio *et al.* (2010), 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.

Uma vez que não se conhece o *Propensity Score* P(X) cabe, entretanto, sua estimação. Para isso, se faz necessário estimar uma regressão *Logit/Probit* para encontrar a probabilidade de os indivíduos participarem ou não do grupo de tratamento, ante suas características observáveis (X). As variáveis independentes são aquelas que podem afetar a participação ou não 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. As demais variáveis do modelo (independentes) estão apresentadas no apêndice A.

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 R² 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).

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 R^2 (CALIENDO e KOPEINING, 2008). O respectivo teste está localizado no apêndice A.

Maia, Khan e Sousa (2013) afirmam 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 (2002) propôs uma forma de verificar se o viés afeta os resultados por meio do Rosenbaum *bonds* (ROSEMBAUM, 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 de sensibilidade visa verificar se há viés de não observáveis que mascarem algum efeito do P1+2 sobre renda, o emprego e a sustentabilidade na produção dos agricultores igatuenses.

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:

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

Onde x_i são as características observadas do indivíduo 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 (2002), e^Y seria a medida do grau de ruptura a partir de um estudo livre de viés de seleção.

2.4 Resultados e discussão

A presente seção se destina a apresentar os resultados da pesquisa de campo realizada no município de Iguatu-CE, estando estruturada em duas partes: a primeira conta com a explanação das estatísticas descritivas a fim de evidenciar o perfil sociodemográfico dos beneficiários do P1+2; a segunda parte está destinada a apresentar os resultados do efeito do tratamento sobre os tratados a partir da aplicação do *Propensity Score Matching*.

2.4.1 Perfil sociodemográfico dos beneficiários e não beneficiários do P1+2 em Iguatu

Tabela 1 - Características dos beneficiários e não beneficiários do P1+2 em Iguatu (2018)

Características		Não beneficiários (%)	Beneficiários (%)	Total (%)	Testes
Gênero	masculino	62,22	65	63,08	Estatística $\chi^2 = 0,0917$
	feminino	37,78	35	36,92	
	Total	100	100	100	
Faixa etária	≤ 29	20	5	15	Teste t = -2,360*
	30 40	18	10	15	
	40 50	16	20	17	
	50 60	24	18	22	
	≥ 60	22	48	30	
	Média	47,21	55,72		
Estado civil	não casado	46	35	42,31	Estatística $\chi^2 = 12,64$
	casado	54	65	57,69	
	Total	100	100	100	
Tamanho da família	1	14	0,1	13	Teste t = -1,3234
	2	32	0,25	30	
	3	28	0,275	28	
	4	11	0,175	13	
	5	11	0,15	12	
	6	2	0,05	3	
	7	1	0	1	
	Média	2,83	3,17		
Condição do entrevistado	Não proprietário	49	20	33	Estatística $\chi^2 = 4,46^{**}$
	proprietário	61	80	67	
Condição do domicílio	própria	91,11	85	89,23	Estatística $\chi^2 = 1,0762$
	não própria	8,89	15	10,77	
	Total	100	100	100	

Fonte: elaboração própria

*Valores significantes a 1%; valores significantes a 5%.

A tabela 1 traz uma comparação entre os não beneficiários e os beneficiários do

P1+2 do município de Iguatu. Nela é possível observar já de início que a amostra é composta em maior parte por pessoas do sexo masculino, o que sugere a manutenção da estrutura patriarcal no campo, onde os homens são os tomadores de decisão quanto a produção. Essa mesma estrutura também é captada em diversos outros trabalhos sobre a agricultura familiar cearense, como por exemplo no trabalho elaborado por Calvelli, Loreto e Silva (2016) e o estudo de Boni (2005). Entretanto, como aqui a produção se trata também da criação e cuidado de quintais produtivos, as mulheres, apesar de ser a minoria, representam uma parcela relativamente maior do que quando se trata apenas da agricultura tradicional.

Pelo exposto no teste Qui-Quadrado, com 5% de significância, inexistiu diferença entre os grupos de controle tratamento no que concerne a distribuição por gênero.

No que diz respeito aos grupos etários em que os agricultores fazem parte, nota-se que a idade média do grupo de controle é menor, cerca de 47 anos, e o grupo tratado possui em média 55 anos. Essa diferença significativa de quase 10 anos entre os grupos pode ser explicada pelos próprios princípios do programa, onde há a prioridade em atender domicílios que tenham idosos como componentes. Em ambos os grupos, há uma concentração maior de agricultores nas idades de 41 a 60 anos, ou seja, são os mais velhos que administram o empreendimento agrícola, e isso pode indicar a redução de filhos dispostos a herdar a atividade e a propriedade agrícola, por diferentes motivos entre eles a baixa remuneração da atividade e as dificuldades climáticas existentes na região.

Em relação ao estado civil dos entrevistados, a maior parte da amostra se compõe por indivíduos casados. No grupo de tratados a proporção de casados é maior que no grupo de controle, entretanto, como mostra o teste Qui-quadrado, essa diferença entre a proporção do estado civil dos indivíduos não é estatisticamente significativa.

A quantidade de pessoas que compõem um domicílio rural é apontado como um elemento importante para a manutenção das famílias nesse espaço, pois um maior número de membros significa uma maior probabilidade de um domicílio diversificar suas atividades e com isso obter um maior rendimento. No caso tratado nesse estudo, pode-se observar que o tamanho médio dos domicílios é de cerca de 3 membros, e isso confirma uma gama de estudos e evidências que apontam para a diminuição do tamanho médio das famílias, aliado ao envelhecimento da população rural e a menor taxa de fecundidade, somada a maior atratividade das atividades urbanas, impulsionam o fenômeno do esvaziamento rural que ocorre no Brasil desde a década de 1960 (SAKAMOTO, NASCIMENTO e MAIA, 2016).

A condição do agricultor em relação ao acesso à terra é encarada em muitos estudos como um aspecto determinante da renda agrícola, pois parte das decisões da

administração do estabelecimento rural são tomadas pelo proprietário, assim como alguns benefícios facilitados, como a concessão de crédito. Alves (2011) aponta a posse do estabelecimento como um elemento que exerce influência direta ou indireta na adoção da tecnologia a ser utilizada na produção e isso impacta na produtividade. No caso aqui analisado a maior parte dos entrevistados são proprietários, e a partir do teste Qui quadrado observa-se há diferença significativa a favor do grupo de tratamento, o que significa dizer que nesse grupo há mais proprietários do que no grupo de controle, corroborando com o autor citado acima. Quanto a condição de moradia, nota-se que a grande maioria de entrevistados possui casa própria. O teste Qui-quadrado revela a inexistência de diferença significativa entre os grupos.

Além das outras variáveis de resultado, também foram verificados os efeitos do programa sobre dois índices que se encontram na Tabela 2, o índice ambiental (IA) que é composto pelos aspectos referentes as práticas agrícolas e o índice econômico (IE) que é construído a partir da posse de bens duráveis.

Tabela 2 - Índices ambiental, econômico e de ocupação para os beneficiários e não beneficiários do P1+2 em Iguatu-CE (2018)

Índices	Beneficiários	Não Beneficiários	Diferença	Teste t
IA	0,3427	0,1539	0,1887	6,0617*
IE	0,675	0,6297	0,045	1,38

Fonte: elaboração própria

*Valor significante a 1%

O IA apresenta um índice qualificado, segundo a metodologia adotada, como de baixo nível nos dois grupos, ressaltando o uso das práticas pouco compatíveis com um modo de produção mais sustentável. Há diferença estatisticamente significativa entre os grupos beneficiário e não beneficiário, e o primeiro apresenta um valor mais que duas vezes superior em relação ao segundo.

Isso pode ser atribuído ao fato de as práticas usadas pelos agricultores do semiárido cearense ainda conservarem modos arcaicos, como as queimadas, ausência de rotação de cultura, poucos fazem conservação do solo e utilizam métodos naturais de defensivo, com caldas e extratos vegetais. Há uma dificuldade de acesso a modos mais sustentáveis de produção, por serem agricultores de pequeno porte e com nível educacional baixo.

O IE apresenta valores classificados como mediano para ambos os grupos, entretanto não apresenta diferença significativa entre os beneficiários e os não beneficiários, sugerindo que uma maioria significativa das famílias de ambos os grupos possuem itens

considerados como bens duráveis.

2.4.2 Inferências a partir da aplicação do PSM

A estimação do *Propensity Score Matching* foi feita usando o modelo de escolha binário Logit, que foi escolhido a partir de alguns testes comparativos expostos na tabela 3. Como pode ser visto, os critérios de decisão entre os modelos são compostos por seis testes: o Pseudo R²; o percentual de casos corretamente classificados; a área sob a curva ROC, que vai indicar o poder discriminatório do modelo; a função de máxima verossimilhança e; o AIC e BIC⁵.

Tabela 3 - Testes de ajuste do modelo logístico

Crítérios	Logit	Probit
Pseudo R ²	0,7009	0,6886
Percentual de casos corretamente classificados	93,59%	91,03%
Área sob a curva ROC	0,9796	0,9763
Função de máxima verossimilhança	-16,1397	-16,8022
Critério de informação de Akaike (AIC)	60,2795	61,6046
Critério de informação Bayesiano (BIC)	93,2734	94,5985

Fonte: elaborado pelos autores

O logit foi selecionado para estimar o efeito do P1+2 porque obteve vantagem no percentual dos casos corretamente classificados, na curva ROC, maior Pseudo R² e tem valores um pouco menores nos critérios AIC e BIC. Entretanto, ambos os modelos apresentam coeficientes muito semelhantes.

A Tabela 4 apresenta as informações sobre as propensões a ser beneficiário dos P1+2 dada algumas características, ver-se que a idade do indivíduo é um fator que contribui positivamente para a participação no programa, ou seja, a cada ano a mais na idade a chance de participar no programa aumenta em 0,05 pontos percentuais. Um outro fator que contribui positivamente para a participação no P1+2 são os anos de estudo, que a cada ano a mais estudado o indivíduo aumenta em 0,11 pontos percentuais a sua probabilidade de ser beneficiário.

As variáveis relacionadas ao trabalho dos entrevistados possuem grande influência na propensão a ser beneficiário do programa avaliado. O número de homens que trabalham com a agricultura no domicílio é um fator de influência positiva já esperado pelo simples fato de o programa ser destinado aos agricultores e o número de mulheres agricultoras nos domicílio é reforçado pelo P1+2, pois as incentiva a desenvolver os quintais produtivos e

⁵ Tanto o AIC quanto o BIC aumentam conforme aumenta a soma do quadrado dos erros (SQE). Além disso, os valores menores de AIC e BIC são preferíveis (RODRIGUES, 2016).

ampliar a oferta e diversidade de alimentos a disposição da família e também a produzir excedente (SOUZA, 2014). Quando há no domicílio alguém que tem um outro trabalho temporário, fora da agricultura, é um fator que também contribui com a chance de participar no programa.

Tabela 4 - Modelo logístico e os efeitos marginais para beneficiários e não beneficiários do P1+2 em Iguatu-CE

Variáveis	coeficiente	p valor	Efeitos marginais	p valor
Idade	0,2135	0,032**	0,0523	0,020**
Anos de Estudo	0,4826	0,050**	0,1182	0,036**
Nº de Homens agricultores	3,3807	0,013**	0,8281	0,014**
Nº de Mulheres agricultoras	6,3814	0,002***	1,5631	0,002***
Outro Trabalho Temporário	8,4353	0,020**	2,0666	0,010**
Participação de associação	1,4107	0,302	0,3455	0,289
Condição do domicílio - Própria	-6,7508	0,106	-1,6536	0,077
Condição do entrevistado (terra)	1,9767	0,034*	0,4842	0,033**
Recebe Assistência Técnica	5,1051	0,005***	1,2505	0,003**
Crédito rural	0,4366	0,333	0,1069	0,328
Usa fertilizante químico	8,4125	0,006***	2,0606	0,003***
Uso de Herbicidas	2,9937	0,039**	0,7333	0,030**
Falta de água em tempos de seca	-9,4257	0,005***	-2,3088	0,005***

Fonte: elaborado pelos autores

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

A condição do entrevistado em relação a terra mostra que para este caso, quando se passa de ocupante para outra categoria, como meeiro, arrendatário ou proprietário a chance de ser beneficiário do programa aumenta em 0,48 pontos percentuais. Isso pode ser explicado recorrendo a tabela 1, onde nota-se que a grande maioria dos beneficiários detém a posse das terras em que produzem.

Quando o agricultor recebe assistência técnica a probabilidade de pertencer ao grupo de beneficiários aumenta em 1,25 pontos percentuais. Usar fertilizante e herbicida na produção também são fatores que favorecem a propensão a participar do programa. Esses fatores citados podem ser postos como características que indicam certa modernidade de técnicas, ou simplesmente a expansão do setor de agroquímicos.

No questionário havia a pergunta sobre os problemas enfrentados com a falta de água em tempos de seca. Os beneficiários do P1+2 em sua maioria declaram não sofrer muito com essa questão ao compararem sua situação com os moradores não beneficiados. Por isso vemos que há uma relação negativa entre a última variável e a probabilidade em participar do programa.

A tabela 5 a seguir traz as diferenças de médias das características observáveis antes e depois de realizar o pareamento por vizinho mais próximo. Essa análise é feita para verificar se há diferença significativa entre os grupos de tratado e controle. A hipótese do modelo não é violada quando não há diferença significativa entre as médias dos grupos.

Tabela 5 - Diferenças nas médias das características observáveis antes e após o pareamento

Observáveis	Antes do pareamento			Após o pareamento		
	T	C	P> t	T	C	P> t
Idade	55,72	47,2	0,007	53,47	60,004	0,147
Anos de Estudo	3,37	5,77	0,005	3,88	4,58	0,623
Nº de Homens agricultores	1,20	0,52	0,000	1,23	0,88	0,119
Nº de Mulheres agricultoras	0,51	0,12	0,000	0,41	0,51	0,591
Outro Trabalho Temporário	0,33	0,24	0,301	0,23	0,035	0,093
Participação de associação	0,75	0,54	0,067	0,64	0,63	0,945
Condição do domicílio - Própria	0,85	0,91	0,303	0,94	1,00	0,325
Condição do entrevistado (terra)	3,6	3,28	0,117	3,70	3,62	0,714
Recebe Assistência Técnica	0,94	0,33	0,000	0,94	0,90	0,709
Crédito rural	0,55	0,33	0,020	0,94	0,32	0,308
Usa fertilizante químico	0,86	0,72	0,120	0,70	0,61	0,577
Uso de Herbicidas	0,51	0,23	0,009	0,29	0,23	0,708
Falta de água em tempos de seca	0,02	0,38	0,000	0,05	0,03	0,755

Fonte: elaborado pelos autores. Notas: Tratado (T); Controle (C). Pareamento por vizinho mais próximo

Antes do pareamento foi identificado diferenças significativas nas médias das variáveis idade, anos de estudo, número de homens que trabalham na agricultura, número de mulheres que trabalham na agricultura, o recebimento de assistência técnica, de crédito rural, o uso de herbicida e se falta água no período de seca. Após o pareamento todas as variáveis apresentam a mesma média, ou não apresentam diferenças significativas, ou seja, nenhuma variável rejeitou a hipótese nula de igualdade nas médias dos grupos de controle e tratamento.

Na Tabela 6 a seguir tem-se o efeito do P1+2 sobre os agricultores igatuenses no ano de 2018, calculado por meio do ATT (*average effect of treatment on treated*) para cada uma das variáveis expressas na tabela. Os resultados encontrados foram obtidos pelo método de pareamento do Vizinho mais próximo.

Os valores significativos dos ATT's indicam, em última instância, que o P1+2 promove impactos nas variáveis em questão. Valores não significativos não permitem que sejam feitas conclusões quanto ao efeito do programa. Assim, ver-se que o P1+2 não mostrou impactos significativos no índice ambiental, no índice econômico e na razão do número de

trabalhadores por hectare.

Tabela 6 - Efeito do P1+2 sobre os agricultores de Iguatu-CE (2018)

Indicador/Variável	Amostra	Valores médios dos Beneficiários	Valores médios dos Não Beneficiários	Diferença (ATT)ⁱ	t-stat
IA	Pareado	0,3444	0,3269	0,0175	0,35
IE	Pareado	0,6568	0,6491	0,0077	0,12
Renda agropecuária/ha	Pareado	2739,9524	78,8018	2661,1506	2,52*
Renda agrícola/ha	Pareado	2704,5455	109,1584	2595,3871	5,37*
Emprego agrícola/ha	Pareado	2,0235	1,5369	0,4865	0,68

Fonte: elaborado pelos autores.

*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 2B em apêndice reporta os resultados do ptest para os matching descritos na seção de metodologia.

Com relação ao IA o impacto não significativo pode ser devido ao fato de que os agricultores da região analisada adotarem as mesmas práticas, onde ambos os grupos possuem pouco acesso à métodos mais modernos e por isso são bem similares nesse aspecto. Quanto ao IE, a falta de diferença significativa pode ser atribuída as próprias variáveis que são usadas no índice. Não são levados em conta a qualidade desses bens ou quando foram adquiridos, portanto, mesmo que haja diferença nesses aspectos, o índice não capta.

A razão ente o número de trabalhadores na agricultura e a quantidade de hectares cultivados por cada família não apresentou diferença significativa. Pode-se atribuir tal resultado ao tamanho dos estabelecimentos (que em média são de pouco mais de 3 hectares), o que não possibilita a ocupação de muitas pessoas para produzir, contribuindo para a migração campo-cidade em ambos os grupos. O grupo de tratados e de controle se deparam com a mesma dificuldade em ocupar todos os membros da família na porção de terras que detém.

Os efeitos estatisticamente significativos do programa foram nas variáveis relacionadas à renda, mais especificamente na razão entre a renda agrícola e agropecuária anuais (que foram captadas para o ano de 2017) dividida pelos hectares produtivos, que pode ser entendido como a rentabilidade bruta da terra quando são usadas para agricultura e para a agropecuária.

Pode-se atribuir os efeitos positivos do programa à possibilidade de acrescentar uma maior variedade dos cultivos, pois a maioria dos usuários do P1+2 cultivam hortifrúteis e vendem o excedente dessa produção, o que permite uma maior renda agrícola no domicílio. Os efeitos positivos sobre a renda dos beneficiários desse programa também foram

encontrados no trabalho de Alencar, Justo e Alves (2018) e no trabalho de Santos (2013).

Além disso, os maiores rendimentos obtidos pelo grupo de tratamento podem ser uma consequência direta do cumprimento do principal objetivo do programa, que consiste em promover uma melhor convivência com o semiárido, ao aproximar cada vez mais os agricultores sertanejos com práticas de gestão de recursos hídricos e acesso a tecnologias de armazenamento de água da chuva. Ao atingir tal objetivo, tem-se como consequência o melhor aproveitamento da terra e uma maior possibilidade de extração de renda dela.

Tabela 7 - Análise de sensibilidade pelo método de limites de Rosenbaum

Variável de Interesse	Γ	Sig +	Sig -
IA	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
IE	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 agropecuária/ha	1,00	0,000	0,000
	1,05	0,000	0,000
	1,10	0,000	0,000
	1,15	0,000	0,000
	1,20	0,000	0,000
	1,25	0,000	0,000
	1,30	0,000	0,000
Emprego agrícola/ha	1,00	0,000	0,000
	1,05	0,000	0,000
	1,10	0,000	0,000
	1,15	0,000	0,000
	1,20	0,000	0,000
	1,25	0,000	0,000
	1,30	0,000	0,000
Renda agrícola/ha	1,00	0,000	0,000
	1,05	0,000	0,000
	1,10	0,000	0,000
	1,15	0,000	0,000
	1,20	0,000	0,000
	1,25	0,000	0,000
	1,30	0,000	0,000

Fonte: elaborado pelos autores

A Tabela 7 traz a análise de sensibilidade pelo método dos limites de Rosenbaum. Ver-se que todas as variáveis de impacto apresentam resultados robustos à presença de viés de não observáveis. Ou seja, os resultados do impacto do P1+2 nas variáveis de interesse para a região estudada não apresentam viés de 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).

2.5 Considerações finais

O P1+2 é um programa concebido pela ASA Brasil com o intuito de proporcionar aos agricultores familiares do semiárido brasileiro uma melhor convivência com a seca que é inerente à região. Entretanto, ainda são poucas as políticas ou programas que se atém a essa questão. O programa está presente nos nove estados abrangidos pelo semiárido brasileiro e orienta-se à criação das condições para que as famílias agricultoras intensifiquem sua produção de alimentos para o consumo familiar e/ou para a comercialização do excedente.

Esta pesquisa responde a duas questões principais: saber se o P1+2 está diminuindo a vulnerabilidade da população semiárida aos efeitos da seca e se há efeitos positivos nos rendimentos agrícolas dos beneficiários. Para responder a isso o estudo centrou-se em analisar o efeito do programa sobre a renda, o emprego e a sustentabilidade na produção agrícola dos beneficiários do P1+2 no município de Iguatu-CE.

No que concerne aos índices econômico e ambiental observou-se melhores resultados para o grupo de beneficiários do programa. Apesar de não serem tão expressivos, seus resultados puderam mostrar que o programa está fornecendo aos pequenos agricultores melhores condições de vida, uma relação menos agressiva ao meio ambiente e maior engajamento de todos os membros da família nas atividades agrícolas, especialmente para as mulheres, que estão exercendo uma participação mais direta na produção com a água das cisternas.

Dentre os resultados, tem-se que o P1+2 promoveu impactos significativos na renda agrícola e agropecuária dos beneficiários da região estudada, mostrando que o programa tem cumprido com o esperado ao possibilitar uma melhor convivência dos agricultores iguatenses com o espaço em que estes estão circunscritos. Como a amostra é composta por agricultores de pequeno porte, a renda agrícola não é muito expressiva, porém, os pequenos produtores que possuem a tecnologia de armazenamento de água da chuva conseguem se sobressair aos demais que não a possuem.

Este estudo foi realizado em 2018, o sétimo ano consecutivo de seca no Nordeste. Apesar disso, os agricultores beneficiários do P1+2 mostram-se menos vulneráveis aos efeitos

da estiagem, isso porque possuem uma tecnologia de armazenamento de água da chuva (mesmo sendo abaixo da média histórica) que está conferindo aos agricultores uma maior adaptação a um período de instabilidade na produção agrícola convencional. Dessa forma, observa-se que programas como este, que se mostram capazes de impulsionar o desenvolvimento rural de maneira sustentável na região semiárida deveriam ser ampliados, pois conseguem efeitos positivos sobre seus beneficiários, reduzindo a vulnerabilidade dos agricultores da região, dando condições dignas de continuar a viver em sua região.

Períodos como o atual, em que a população do Semiárido enfrenta anos seguidos de seca, seria importante a implantação de um plano de emergência que oferecesse água em carros pipa de forma gratuita para encher as cisternas destinadas à produção agrícola quando as chuvas não forem suficientes. Esta ação poderia ser uma forma de reduzir a vulnerabilidade das famílias que vivem na região, além de reduzir a migração rumo as cidades nesses períodos.

3 REUSO DE ÁGUAS CINZAS: UMA ANÁLISE DOS EFEITOS NA RENDA E NA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DOS AGRICULTORES FAMILIARES DO SEMIÁRIDO CEARENSE

3.1 Introdução

A escassez de água doce é uma preocupação crescente em todo o mundo, e o estresse hídrico tende a se agravar em razão das mudanças climáticas em curso, atingindo alguns segmentos da sociedade de maneira mais incisiva (TRAVIS *et al.*, 2010). Os agricultores familiares são apontados como o grupo mais vulnerável às mudanças climáticas, isso em consequência da baixa capacidade adaptativa deste grupo, em especial dos que praticam agricultura de sequeiro (CUNHA *et al.*, 2013; HARVEY *et al.*, 2018; ALTIERI e KOOHAFKAN, 2008). No Brasil, espera-se que os efeitos das variações do clima sejam mais intensos para os agricultores familiares do Semiárido, pois as projeções indicam que haverá aumento das temperaturas e as secas serão ainda mais longas e frequentes na região, dificultando ainda mais a prática das atividades agrícolas (MARENGO e BERNASCONI, 2015).

Nessa perspectiva, as estratégias de desenvolvimento rural no Semiárido devem estar alinhadas com ações de mitigação dos efeitos das variações do clima e com a criação de resiliência a esses estressores. Cunha *et al.* (2013), afirmam que a utilização da irrigação reduz a vulnerabilidade dos pequenos agricultores brasileiros às mudanças climáticas, qualificando essa técnica como uma medida adaptativa. Entretanto, no Semiárido, a disponibilidade de água para irrigação é baixa, o que torna esta medida de difícil acesso para esta população.

Uma alternativa para aumentar as possibilidades de irrigação no Semiárido, mesmo que seja em pequena escala, é a reutilização dos efluentes domésticos. Essa fonte de água, chamada também de água cinza, é a água utilizada no banho e nas pias, que é coletada, tratada e armazenada, e então, pode ser reutilizada na irrigação de pequenas produções, a depender do volume de água consumido no domicílio (MOREL e DIENER, 2006). Esse volume de água cinza produzido depende, em grande parte, da disponibilidade de água na região, assim como do número de membros no domicílio (RODDA *et al.*, 2011)

A utilização de água cinza para irrigação é uma forma de ampliar a capacidade produtiva das famílias que residem em regiões com restrição hídrica, pois um cultivo irrigado apresenta maior produtividade e pouca variabilidade em decorrência das irregularidades

pluviométricas (CHRISTOFIDIS, 2013), garantindo a segurança alimentar dos usuários. Além disso, o descarte dos efluentes domésticos apresenta um grave risco ao meio ambiente e à saúde, em especial, em regiões com baixas taxas de saneamento.

Tendo em vista a preocupação com o meio ambiente e a busca por alternativas para oferecer ou ampliar a oferta de água para os agricultores familiares do Semiárido, o Projeto Bioágua Familiar, iniciado em 2014 no estado do Rio Grande do Norte, compreende um sistema de reutilização de águas cinzas para a produção de alimentos. Esse projeto se insere no bojo das tecnologias sociais de convivência com o semiárido, oferecendo um sistema simples e de baixo custo, promovendo uma adaptação dos agricultores à restrição hídrica de maneira inteligente, aproveitando as potencialidades locais (SANTOS *et al.*, 2016). No intuito de promover a sustentabilidade no semiárido, o referido projeto estimula a produção de base agroecológica.

Desta forma, o programa pode se concretizar em uma alternativa mitigadora de três grandes carências no semiárido cearense: i) uma fonte de água para irrigação; ii) redução da degradação ambiental causada pela disposição incorreta dos efluentes domésticos; iii) aumento da sustentabilidade na produção agrícola.

A partir da experiência potiguar, em 2016, foram implantadas 25 unidades do sistema de reutilização de águas cinzas no município de Iguatu, no Ceará, com vistas a conferir uma melhor convivência dessa população com o clima da região. Assim sendo, este trabalho tem por finalidade mensurar o efeito do programa de Reuso de Águas Cinzas sobre a renda agrícola e a sustentabilidade ambiental da produção agrícola dos seus beneficiários. Os resultados foram obtidos a partir da estimação do efeito do tratamento sobre os tratados, por meio do *Propensity Score Matching*, onde o grupo beneficiário do Reuso de Águas Cinzas (tratado) é comparado com grupo de não beneficiários da dessa tecnologia (controle). Com isto, este artigo traz uma importante contribuição à academia, tendo em vista que esta é uma investigação inédita, pois nenhuma outra publicação trata de averiguar o impacto da tecnologia na renda ou sustentabilidade da produção agrícola dos agricultores que a utilizam.

3.2 Descrição do programa de Reuso de Águas Cinzas para fins agrícolas no Semiárido cearense

A implantação de sistemas de captação de águas para reutilização estão se tornando cada vez mais comuns tanto em áreas urbanas como rurais e para diferentes usos, como irrigação de jardins e hortas, descargas do vaso sanitário, lavagem de veículos, calçadas

e janelas, extinção de incêndio, produção de concreto, entre outros (AL-ISMAILI *et al.*, 2017). Alguns autores listam uma série de vantagens ao fazer uso de águas residuais. Gohringer (2006) cita, a partir da versatilidade de usos, que a reutilização de efluentes domésticos faz reduzir a demanda e preserva a oferta de água para usos diversos; a reciclagem de nutrientes; a ampliação de áreas irrigadas; a redução no lançamento de esgotos no meio ambiente; o encorajamento da população para conservar água.

A água cinza é qualquer água residual ou efluente doméstico proveniente dos lavatórios, pias, chuveiro e máquinas de lavar roupa e louça. Na água cinzenta não está incluída a água dos vasos sanitários, chamada de água negra (AL-MASHAQBEH, GHRAIR E MEGDAL, 2012). As águas cinzentas representam de 50% a 80% das águas residuais e os sistemas para a captação desse recurso são vários.

Há diferentes sistemas para realizar a captação e filtragem para tornar a água cinza própria para o uso. Em geral esses sistemas contêm um tanque de armazenamento da água cinzenta, um filtro e um outro tanque para armazenar a água já reciclada, também conhecida como água verde (LIU *et al.*, 2010). Esta é uma maneira genérica de descrever o sistema e, neste trabalho, o foco será o sistema de reuso de águas cinzas usado para fins agrícolas no semiárido brasileiro, uma tecnologia social.

O sistema implantado nessa região tem como objetivo ampliar a oferta de água para a irrigação e com isso melhorar a convivência das famílias agricultoras com semiárido e suas condições. Essa técnica é inspirada em experiências de outros países como a China e Israel, países que também sofrem com a escassez de recursos hídricos (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.

Em meio a essas questões têm-se na literatura alguns trabalhos que atualizam as análises da qualidade da água cinza na agricultura, pois essa é uma prática que vem desde a década de 1980 sendo usada em países europeus, como Itália, França, Alemanha (CAIXETA, 2010). O estudo realizado por Mzini e Winter (2015) propôs testar a qualidade água cinza no plantio de hortaliças na cidade Mthatha na África do Sul, onde concluíram que a água cinza se mostra adequada para irrigar plantas e vegetais comestíveis. Al-Hamaiedeh e Bino (2010) também realizaram um estudo para analisar a qualidade de cultivos de hortaliças irrigados com água cinza, desta vez na Jordânia, onde concluíram que a irrigação de hortaliças com água cinza não mostrou nenhum efeito adverso sobre as propriedades químicas dos frutos ou folhas.

Com o aporte de estudos que comprovaram a adequabilidade da utilização da água

cinza para irrigar alimentos e inspirados em iniciativas internacionais, surgiu no Rio Grande do Norte um projeto chamado Bioágua Familiar (PBF), que teve início em 2009 com pesquisas em três sistemas de reuso. Esse projeto é fruto de uma parceria entre o Projeto Dom Helder Câmara – PDHC, (Secretaria de Desenvolvimento Territorial – SDT do Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA), Fundo Internacional para o Desenvolvimento Agrícola – FIDA, Global Environment Facility – GEF, Assessoria Consultoria e Capacitação Técnica Orientada Sustentável -ATOS e a Universidade Federal Rural do Semiárido- UFERSA (SANTIAGO *et al.*, 2015).

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

Em 2016, por meio de parceria entre a Fundação Banco do Brasil e o Instituto Elo Amigo, foram implantadas 25 unidades da tecnologia no município de Iguatu, no Ceará. Essas unidades instaladas no município de Iguatu são as mais antigas em funcionamento não experimental no estado do Ceará. Como pré-requisito para receber esta tecnologia, as famílias deveriam ser já beneficiárias do Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2), pois a quantidade de água extraída da reciclagem dos efluentes pode ser muito baixa em períodos de estiagem (que é justamente quando há a maior necessidade de irrigação). Portanto a reutilização das águas cinzas amplia a oferta de água dos beneficiários do P1+2 e reduz a degradação ambiental causada pela disposição do esgoto a céu aberto, além disso, o programa de reuso visa também fomentar a agricultura de base agroecológica, ou seja, promover uma relação mais harmônica entre a produção agrícola e o meio ambiente (INSTITUTO ELO AMIGO, 2016).

Com esse arcabouço, seria provável que as famílias beneficiadas com o programa de Reuso de Águas Cinzas obtivessem uma produção um pouco maior, pois possuem uma fonte de água a mais dos demais beneficiários do P1+2. Além disso, os que possuem a tecnologia de reaproveitamento dos efluentes domésticos são duplamente incentivados a

reduzir a degradação ambiental causada pelas atividades agrícolas por meio das capacitações e encontros oferecidos por ambos os programas.

3.3 Metodologia

3.3.1 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 ao grande número de famílias beneficiadas com o programa P1+2 (ASA, 2019).

Como subárea optou-se pelo município de Iguatu, localizado na região centro-sul do estado, uma área suscetível a longos período de estiagem, devido seu clima tropical semiárido, caracterizado pela irregularidade de chuvas no tempo-espaço, assim como são outros 98 municípios cearenses, portanto, este é um município com características similares a maioria dos demais do estado e com temperaturas acima dos 25° C (IPECE, 2018). Desta forma, os resultados encontrados para este município podem dar informações que possam ser extrapolados para outras áreas do Ceará. Além disso, este município foi 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 avaliados os seus efeitos.

Os dados são de origem primária, obtidos por meio de entrevistas realizadas junto as famílias beneficiadas e não beneficiadas pelo programa durante o mês de julho de 2018.

Foram coletadas as informações de todos os 25 beneficiários da tecnologia e 40 não beneficiários. Desse modo, tem-se que a pesquisa foi realizada com um total de 65 famílias, classificadas em dois grupos, o de controle, que é formado pelas famílias que são beneficiárias do P1+2, e o grupo de tratamento, formado pelos beneficiários do reaproveitamento de água residencial, que como pré-requisito do programa, também é beneficiários do P1+2.

3.3.2 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 do Reuso de Águas Cinzas, foi elaborado um Índice de Sustentabilidade Agrícola (ISA), cuja composição é apresentada na equação 8:

$$ISA = \frac{1}{w} \sum_{y=1}^w I_y \quad (8)$$

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 extratos vegetais, 15) Práticas de conservação do solo e

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 15 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, KHAN E LIMA, 2011):

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

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

VI) 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).

3.3.3 Propensity Score Matching

Para que seja possível mensurar o efeito do programa de Reuso de Águas Cinzas sobre a renda e a sustentabilidade ambiental dos agricultores familiares do semiárido cearense, o procedimento econométrico adotado é *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:

$$P(X) = \Pr(C = 1|x) \quad (9)$$

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 estar 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 binário⁶ 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:

$$ATT = E\{E[y^{com}|C = 1, P(X)] - E[y^{As}|c = 1, P(X)|c = 1]\} \quad (10)$$

Com o *propensity score* é possível ajustar os vieses entre os grupos de

⁶ O modelo binário usado para estimar o escore de propensão foi o Logit, escolhido com base nos critérios descritos e estão apresentados na tabela 2B, no apêndice.

beneficiários e não beneficiários, porém, para a sua aplicação é necessário assumir duas hipóteses:

III) Balanceamento das características observáveis: a seleção da amostra requer que a participação nos programas seja independente dos resultados; e

IV) 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 R^2 (CALIENDO e KOPEINING, 2008). O respectivo teste está localizado no apêndice.

Maia, Khan e Sousa (2013) 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.

3.3.4 Análise de Sensibilidade

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 e 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 do reaproveitamento dos efluentes domésticos 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:

$$\tau_i = \Pr(D_i = 1|x_i) = F(\beta_{x_i} + \gamma u_i) \quad (11)$$

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:

$$\frac{\frac{\pi_i}{1-\pi_i}}{\frac{\pi_j}{1-\pi_j}} = \frac{\pi_i(1-\pi_j)}{\pi_j(1-\pi_i)} = \frac{\exp(\beta_{x_j} + \gamma u_j)}{\exp(\beta_{x_i} + \gamma u_i)} \exp[\gamma(u_i - u_j)] \quad (12)$$

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:

$$\frac{1}{e^{\gamma}} \leq \frac{\pi_i(1 - \pi_j)}{\pi_j(1 - \pi_i)} \leq e^{\gamma} \quad (13)$$

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.

3.4 Resultados e discussão

Para captar o efeito que a reutilização de efluentes domésticos utilizados para irrigação de pequenas produções têm na renda e sustentabilidade ambiental dos agricultores beneficiários, foi estimado o ATT por meio *Propensity score matching*. Com isso, a diferença obtida entre o grupo de controle e tratamento após o pareamento será considerado o efeito que o programa tem sobre os aspectos de interesse, que neste trabalho são a renda agrícola/ha (a renda obtida com a agricultura dividida pelos hectares cultivados) e a sustentabilidade ambiental da produção, que é refletida pelas práticas agrícolas.

A Tabela 8 a seguir traz um conjunto de características do grupo de tratamento e de controle, onde estes grupos são comparados e testes estatísticos foram realizados para que seja possível afirmar se as diferenças existentes são significantes, do ponto de vista estatístico.

Tabela 8 - Características das famílias beneficiárias e não beneficiárias do Programa de Reuso de Águas Cinzas em Iguatu-CE

Características		Beneficiários	Não Beneficiários	Testes
Sexo do Chefe	Masculino	11	27	Chi2 34,987*
	Feminino	14	13	
Idade do Chefe	Média	46,88	55,25	t=23,927*
Estado Civil	Casado	23	25	Fisher 0,009
	Não Casado	2	15	
Anos de Estudo	Média	6,16	3,6	t=29,279*
Posse da Terra	Proprietário	19	32	Chi2 0,1457
	Não Proprietário	6	8	
Condição do Domicílio	Próprio	23	34	Chi2 0,6985
	Não Próprio	2	6	

Fonte: elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa

*significante a 1%

Com relação ao sexo dos chefes das famílias dos grupos comparados, observa-se que as famílias de beneficiários são na maioria chefiadas por mulheres e as famílias do grupo de controle são chefiadas por homens, havendo assim uma diferença estatisticamente significativa a 5% entre os grupos no que diz respeito ao gênero da pessoa de referência do domicílio. Essa maioria feminina na chefia dos domicílios beneficiários pode ser atribuída à focalização do P1+2, que como as demais ações da ASA, se propõe a promover a autonomia feminina (MALVEZZI, 2007). E, como o Reuso de Águas Cinzas foi implantado em Iguatu pela mesma instituição executora do P1+2, os preceitos se mantêm, e os domicílios chefiados por mulheres foram mais uma vez os prioritários para receber a tecnologia.

Na região nordestina, a gestão da produção agrícola é predominantemente masculina, e em geral, estes trabalham desde muito jovens (CALVELLI, LORETO E SILVA, 2016). Acrescido a isso está a baixa escolaridade da população rural, um fator que pode dificultar a aceitação de mudanças em seu *modus operandi*. Por outro lado, a partir da focalização do programa, as mulheres passaram a lidar de maneira mais direta com a agricultura e a gerir a produção dos quintais irrigados, o que pode ter facilitado a incorporação das práticas repassadas nas capacitações oferecidas pela Elo Amigo, fazendo com que o grupo beneficiado pelo programa tenha uma maior sustentabilidade ambiental da produção.

No que diz respeito à idade, os beneficiários são, em média, pouco mais de 8 anos mais jovens que os não beneficiários. Essa idade média menor do grupo de beneficiários pode ser uma das razões pelas quais este grupo possui, em média, mais anos de estudo. Ambas as diferenças citadas são estatisticamente significativas.

A tabela 9 apresenta os indicadores (representados pelas práticas agrícolas que compuseram o ISA) e o ISA dos grupos de beneficiários e não beneficiários do Reuso de Águas Cinzas, onde pode ser visto que o grupo de beneficiários do programa possui um ISA maior. A diferença entre os grupos comparados é estatisticamente significativa, ou seja, as práticas agrícolas adotadas pelo grupo de tratamento são menos agressivas à natureza do que as realizadas pelo grupo de controle.

Tabela 9 – Percentual de agricultores por adesão de práticas agrícolas e ISA dos beneficiários e não beneficiários do Reuso de Águas Cinzas em Iguatu-CE

Práticas Agrícolas e ISA	Beneficiários (%)	Não Beneficiários (%)	Diferença (%)	χ^2
Prática de Queimadas	48,00	31,58	16,42	1,72
Uso de fertilizante químico	64,00	83,78	-19,78	3,18***
Uso de arado mecânico	44,00	44,74	-0,74	0,00
Uso de tração animal	36,00	13,51	22,49	4,31**
Uso de herbicida	48,00	51,35	-3,35	0,07
Uso de agrotóxico	16,00	27,03	-11,03	1,04
Uso de esterco para fertilização do solo	56,00	64,86	-8,86	0,49
Prática de plantio direto	60,00	48,65	11,35	0,77
Prática de descanso da terra	52,00	29,73	22,27	3,12***
Prática de rotação de cultura	100,00	94,59	5,41	1,40
Uso de sementes resistentes	56,00	48,65	7,35	0,32
Prática de capina manual	28,00	5,41	22,59	6,14**
Uso de adubação verde	96,00	89,19	6,81	0,93
Uso de extratos vegetais	72,00	83,78	-11,78	1,25
Práticas de conservação do solo	84,00	94,59	-10,59	1,91
ISA	0,64	0,51	0,13	t=27,33*

Fonte: elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa
*significante a 1%; ** significante a 5%; *** significante a 10%

O ISA maior em favor do grupo de beneficiários pode significar que o programa está conseguindo atingir um dos seus objetivos, que é promover uma maior sustentabilidade da produção agrícola no Semiárido, por meio do incentivo a agroecologia (SANTOS et al., 2016). Além disso, os beneficiários do Reuso de Águas Cinzas estão sendo duplamente beneficiados pelas capacitações no sentido de praticar uma agricultura que concilie maior produtividade com menores danos ao meio ambiente, pois também são beneficiários do P1+2.

A Tabela 10 apresenta os resultados da estimação do *Propensity Score Matching* para as variáveis de interesse, que são a renda agrícola por hectare e o índice de sustentabilidade ambiental. A diferença entre os grupos de tratamento e controle foi significativa, do ponto de vista estatístico, apenas para o ISA.

Tabela 10 - Efeito do Reuso de Águas Cinzas na renda agrícola e ISA dos Agricultores familiares em Iguatu-CE

Variáveis	Beneficiários	Não Beneficiários	Diferença (ATT) ¹	teste t
Renda agrícola/há (R\$)	1760,48	1443,86	316,62	0,23
ISA	0,6570	0,5179	0,1390	2,48*

Fonte: elaborado pelos autores com base nos 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 2B em apêndice reporta os resultados do ptest para os matching descritos na seção de metodologia.

O ATT do ISA é estatisticamente significativo, ou seja, há diferença entre os grupos de tratamento e controle, o que implica dizer que o programa de reutilização de efluentes domésticos para irrigação está conseguindo promover uma maior sustentabilidade ambiental na produção agrícola dos agricultores familiares beneficiados pela tecnologia. Esse efeito positivo do ISA revela que programa está sendo eficaz no cumprimento de seu objetivo de promover uma agricultura mais sustentável no semiárido brasileiro.

Desta forma, ao promover a intensificação da agricultura mais sustentável, o Reuso de Águas Cinzas se mostra como uma estratégia que alia as necessidades das pessoas às limitações do planeta (ROCKSTROM *et al.*, 2017), pois além de ampliar a oferta de água para irrigação e incentivar as práticas agrícolas mais sustentáveis, ao tratar os efluentes domésticos, reduz a degradação do solo e dos rios em decorrência do despejo destes resíduos. Além disso, as políticas e programas de expansão da irrigação, que aliam o incentivo de práticas sustentáveis com base na agroecologia e melhor gestão da terra e da água, são uma alternativa capaz de reduzir os efeitos adversos da intensificação da agricultura, como a degradação ambiental e o aumento dos conflitos por água (GIORDANO, BARRON e UNVER, 2019).

Com relação à renda agrícola por hectare, o maior rendimento por parte dos beneficiários não é estatisticamente significativo a 5 %, ou seja, não é possível inferir a respeito do seu valor. Esse resultado pode ser atribuído ao fato de que a reutilização dos efluentes domésticos não seja um acréscimo de água que consiga impactar em aumentos de produção agrícola em uma proporção suficientemente grande para aumentar a renda dos usuários. Isso também pode se dever ao fato de que as famílias da região economizam água quanto for possível nos tempos de estiagem, impactando diretamente no volume de água disponível para reutilização no plantio. Portanto, apenas o Reuso de Águas Cinzas pode não se constituir em um programa que promova aumento na produção e na renda, mas se mostra eficiente em promover uma maior sustentabilidade ambiental da produção agrícola dos seus

beneficiários.

Para confirmar a robustez dos resultados apresentados, foi realizado o teste de sensibilidade pelo método dos limites de Rosenbaum, apresentado na tabela 11 a seguir.

Tabela 11 -Teste de sensibilidade de Rosenbaum

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

Fonte: elaborado pelos autores

Como pode ser percebido pelo exposto na tabela 11 acima, os resultados descritos na tabela 10 sobre os impactos do programa de reutilização de águas cinzentas são robustos, ou seja, não apresentam viés de variáveis 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 mascaradas (ROSENBAUM e RUBIN, 2002).

3.5 Considerações finais

A reutilização dos efluentes domésticos para irrigação dos quintais produtivos no semiárido se constitui em uma tecnologia social ainda incipiente, pois o número de unidades instaladas é pequeno. Neste estudo, onde foram coletadas informações dos agricultores que estão a mais tempo utilizando a tecnologia no semiárido cearense, observou-se que na maioria, esses beneficiários são mulheres, com idade média de 46 anos, e com baixo grau de escolaridade.

Com relação aos efeitos do programa na renda agrícola, os resultados não se mostraram significantes, o que pode indicar que o volume de água disponível através do Reuso de Águas Cinzas não seja suficiente para conferir aumento da rentabilidade da produção. No que diz respeito à sustentabilidade agrícola, o programa está conferindo efeitos positivos, por meio da promoção de um modelo produtivo compatível com a natureza, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da região semiárida.

Programas nesses moldes, têm capacidade de reduzir a vulnerabilidade dos agricultores familiares de região semiárida, pois oferece uma alternativa para a continuidade da produção em tempos de seca e incentiva a agricultura aliada à preservação ambiental, o que contribui para a manutenção das famílias agricultoras no campo com maior autonomia sobre seus próprios recursos e harmonia com o meio ambiente.

4 CONCLUSÃO

Este estudo surgiu a partir da necessidade em ter-se uma avaliação do efeito das tecnologias sociais de reaproveitamento de água para fins agrícolas no semiárido brasileiro. As tecnologias avaliadas neste estudo são as cisternas de captação de água da chuva e a reutilização dos efluentes domésticos, mais conhecido como reuso de águas cinzas. Ambas têm a finalidade de reduzir a vulnerabilidade da população semiárida aos efeitos da seca, mais precisamente, das famílias agricultoras. Desta forma, os dados para a realização desta pesquisa foram coletados juntamente aos beneficiários e não beneficiários das tecnologias e seus resultados foram divididos em ensaios distintos, com vistas a proporcionar uma melhor elucidação de cada uma delas.

No primeiro artigo está contido um estudo a respeito das cisternas construídas por meio do programa P1+2, que se lançou com o intuito de melhorar a renda e o emprego agrícola e contribuir para fomentar a sustentabilidade na produção agrícola da região semiárida. Nesse sentido, avaliou-se o impacto que o programa tem sobre estes pontos e os resultados mostraram que ser beneficiário do P1+2 traz melhores níveis de renda e sustentabilidade da produção.

O segundo artigo trata a respeito do programa que constrói sistemas de reutilização dos efluentes domésticos para irrigação, que foi feito de maneira a complementar a irrigação dos beneficiários do P1+2, ou seja, é um adicional da oferta de água para irrigação das pequenas produções das famílias agricultoras do Semiárido. Ao ser avaliado se há impacto desta tecnologia na renda e na sustentabilidade da produção, percebeu-se que o programa ofereceu impactos apenas sobre a sustentabilidade da produção. A ausência de efeitos sobre a renda pode se dever ao fato de que as famílias da região têm um baixo consumo de água na residência, em especial nos tempos de estiagem, o que se concretiza em baixos volumes de água cinzenta para ser reutilizada na irrigação.

A partir dos estudos apresentados, fica evidente que estes programas são de primordial importância para as famílias agricultoras do Semiárido, pois estas iniciativas favorecem uma melhor convivência com a seca. Entretanto, ainda há uma grande demanda pela construção de mais dessas tecnologias, assim como pela criação de novas formas e alternativas para que esta população possa enfrentar um possível agravamento das estiagens e condições mais severas para a continuidade da agricultura familiar e camponesa.

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
- ALVES, V. E. L. A questão agrária brasileira e maçambicana: semelhanças e diferenças. São Paulo: **GEOUSP**, 2011
- AL-ISMAILI, A. M.; AHMAD, M.; AL-BUSAID, A.; AL-ADAVI, S.; TANDLICH, R.; AL-AMRI, M. **Extended use of grey water for irrigating home gardens in an arid environment**. Environ Sci Pollut Res., 2017
- AL-HAMAIEDEH, H.; BINO, M. **Effect of treated grey water reuse in irrigation on soil and plants**. Desalination vol. 256, 2010.
- AL-MASHAQBEH, O. A.; GHRAIR, A. M.; MEGDAL. S. B. **Grey Water Reuse for Agricultural Purposes in the Jordan Valley: Household Survey Results in Deir Alla**. Water, 2012.
- ALTIERI, M. A. e KOOHAFKAN, P. **Enduring Farms: Climate Change, Smallholders and Traditional Farming Communities**. Penang, Malaysia: Third World Network, 2008.
- ASA – ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. disponível em: <http://www.asabrasil.org.br>. Acesso em: 28 out. 2019.
- BARBIERI, A. F. Mudanças climáticas, mobilidade populacional e cenários de vulnerabilidade para o Brasil. **Revista Interdisciplinar da Mobilidade Humana**, v. 19, n. 36, p. 95-112, 2011.
- BELLEN, H. M. V. Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. **Revista Ambiente & Sociedade**. v. 3 n. 1, 2004.
- 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.
- BONI, V. Produtivo ou Reprodutivo: o trabalho das mulheres nas agroindústrias familiares-um estudo na região oeste de Santa Catarina. 2005. Dissertação (Mestrado em Sociologia Política) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- BRITO, S. S. B.; CUNHA, A. P. M. A.; CUNNINGHAM, C. C.; ALVALÁ, R. C.; MARENGO, J. A.; CARVALHO, M. A. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. **International journal of climatology**, v.38, n. 2, 2017.
- CAIXETA, C. E. T. **Avaliação do atual potencial de reuso de águas cinzas no estado do Ceará e propostas para um sistema de gestão**. 2010. Tese (Doutorado em Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

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.

CALVELLI, H. G.; LORETO, M. D. S.; SILVA, E. C. As relações de gênero e a Agricultura Familiar de Pesqueira (PE):o empoderamento feminino a partir da produção de matérias-primas para o biodiesel. *In: XIX ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS*, 2014, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ABEP, 2014.

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

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**, n. 1, p. 115–127, 2013.

COHN, A. S.; NEWTON, P. GIL, J. D. B.; KUHL, L. SAMBERG, L.; RICCIARDI, V.; MANLY, J. R.; NORTHROP, S. **Smallholder Agriculture and Climate Change**. Annual Review of Environment na Resources, v. 42, n. 1, 2017.

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.

DINIZ, P. C. O.; PIRAUX, M. Das intervenções de combate à seca às ações de convivência com o Semiárido: trajetória de “experimentalismo institucional” no Semiárido brasileiro. Recife: **Caderno de estudos sociais**, v. 26, n. 2, 2011.

DIPRETE, T.; GANGL, M. Assessing bias in the estimation of causal effects: Rosenbaum bounds on matching estimators and instrumental variables estimation with imperfect instruments. **Sociological Methodology**, v. 34, n. 1, p. 271-310, 2004.

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, p. 320, 1996.

GANDRA, J. M. F. V.; RODRIGUES, C. T. **O impacto da educação em tempo integral no desempenho escolar: uma avaliação do programa mais educação**. 2017. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar um projeto de pesquisa**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 1991.

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 jan. 2019.

GIORDANO, M.; BARRON, J.; UNVER, O. Water Scarcity and Challenges for Smallholder Agriculture. In: Sustainable Food and Agriculture: An integrated approach. FAO, 2019.

GOHRNGUER, S. S. **Uso Urbano Não Potável de Efluentes de Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário**. Estudo de Caso: Município de Campo Largo - PR. Curitiba: Dissertação (Mestrado), Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2006.

GONDIM, J.; FIORENZE, A. P.; ALVES, R. F. F.; SOUZA, W. G. A seca atual no Nordeste brasileiro – impactos sobre os recursos hídricos. Brasília: **Parc. Estrat.**, v. 22 n. 44, 2017.

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.

INSTITUTO ELO AMIGO. Reuso de águas cinzas chega no Iguatu pela parceria entre Elo Amigo e Fundação Banco do Brasil. 2016. Disponível em: <http://www.eloamigo.org.br/?view=article&id=44852:reuso-de-aguas-cinzas-chega-no-iguatu-pela-parceria-entre-elo-amigo-e-fundacao-banco-do-brasil>. Acesso em: 29 ago. 2019.

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 jun. 2019.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de pesquisa**, n.118, p. 189-205, 2003.

JALFIM, F.; SANTIAGO, F. S. **O sistema bioágua familiar**. 2017. Disponível em: <<https://www.cta.int/en/article/o-sistema-bio%20agua-familiar-sid0509a8dda-3b11-4382-af93-680d4c6d7bc0>> Acesso em: 30 ago. 2019.

JESUS, V. M. B.; COSTA, A. B. Tecnologia social: breve referencial teórico e experiências ilustrativas. In: COSTA, A. B. (Org.). **Tecnologia social e políticas públicas**. São Paulo: Instituto Pólis; Brasília: Fundação Banco do Brasil, 2013.

KHAN, A. S.; CRUZ, J. A. N.; SILVA, L. M. R.; LIMA, P. V. P. S. Efeito da seca sobre a produção, a renda e o emprego agrícola na microrregião geográfica de Brejo Santo no estado do Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**. Fortaleza, v. 36, n. 2, 2005.

LIU, S.; BUTLER, F. A.; MAKROPOULOS, L.; AVERY, L.; JEFFERSON, B. **Impacts of residence time during storage on potential of water saving for grey water recycling system**. Water Research, v. 44, n. 1, p. 267-277. 2010.

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. **Climatic Change**, v. 129, [s. n], p. 103–115, 2015.

MARENGO, J. A.; TOMASALLA, J. NOBRE, C. A. Climate change and water resources. **Springer International Publishing Switzerland**, [s. n], 2017.

MATOS, R. A.; ROVELLA, S. B. C. Do crescimento econômico ao desenvolvimento sustentável: conceitos em evolução. **Revista Administração e Ciências Contábeis**, n 3, 2010.

MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. **Revista Economia e Desenvolvimento**, n. 16, 2004.

MORAES, A. F. J.; ROCHA, C. Gendered waters: the participation of women in the ‘One Million Cisterns’ rainwater harvesting program in the Brazilian Semi-Arid region. **Journal of Cleaner Production**, v.60, [s. n], p. 163-169, 2013.

MOREL, A.; DIENER, S. **Greywater Management in Low and Middle-Income Countries**. Dübendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. Dübendorf-Suíça: Eawag. 2006.

MZINI, L.; WINTER, K. **Analysis of grey-water used for irrigating vegetables and possible effects on soils in the vicinity of Umtata Dam, Eastern Cape**. Water AS, v. 41, n.1, 2015

NASCIMENTO, M. P. **Programa um milhão de cisternas rurais (P1MC): mudanças no acesso à água no município de Porteirinha/MG**. Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

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.

OLIVEIRA, E. C. Crescimento e desenvolvimento econômico: a sustentabilidade como modelo alternativo. *In: II FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA, 2006, Anais [...]*. São Paulo: ANAP, 2006.

PASSADOR, C. S.; PASSADOR, J. L.; ARRAES, A. M. D.; ARRAES, H. F. L. Políticas públicas de combate à seca no Brasil e a utilização das cisternas nas condições de vida de famílias na região do Baixo Salitre (Juazeiro-BA): uma dádiva de Deus? *In: XXXI ENCONTRO DA ANPAD, 2007, Anais [...]*. Rio de Janeiro: Anpad, 2007.

PINTO, E. B.; LIMA, M. J. A. O programa de convivência com o semiárido brasileiro e suas influencias na mudança de hábitos e valores. *In: II CONGRESSO IBEROAMERICANO SOBRE DESARROLLO Y MÉDIO AMBIENTE, 2005. Anais [...]*. México, 2005.

RAMOS, L. R.; SAMPAIO, J. L. F. Descobrimo os caminhos da convivência com o

Semiárido: o assentamento Palmares e Crateús-CE. *In: VII ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA*, 2007. **Anais [...]**. Fortaleza, 2007.

ROCKSTROM, J.; WILLIAMS, J.; DAILY, G.; NOBLE, A.; MATTHEWS, N.; GORDON, L.; WETTERSTRAND, H.; DECLERCK, F.; SHAH, M.; STEDUTO, P.; FRAITURE, C.; HATIBU, N.; UNVER, O.; BIRD, J.; SIBANDA, L.; SMITH, J. **Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability**. *Ambio*, v. 46, n.1, 2017.

RODDA, N.; SALUKAZANA, L.; JACKSON, S. A. F.; SMITH, M. T. Use of domestic greywater for small-scale irrigation of food crops: Effects on plants and soil. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 36, n. 14, p. 1051–1062, 2011.

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**. 2016. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, v. 70, [s. n], 1983.

ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. **Observational Studies**. New York: Springer. 2002.

SAKAMOTO, S. C.; NASCIMENTO, C. A.; MAIA, A. G. As Famílias Pluriativas e Não Agrícolas no Rural Brasileiro: condicionantes e diferenciais de renda. **Rev. Econ. Sociol. Rural**. v. 54, n.3, Brasília, 2016.

SANTIAGO, F...[et al.]. **Manual de implantação e manejo do sistema bioágua familiar: reuso de água cinza doméstica para a produção de alimentos na agricultura familiar do semiárido brasileiro**. Carnaúbas: ATOS, 2015.

SANTOS, C. F.; MAIA, G.; SIQUEIRA, E. S.; ROZENDO, C. A contribuição da Bioágua para a segurança alimentar e sustentabilidade no Semiárido Potiguar brasileiro. Brasília-DF: **Sustentabilidade Em Debate**, v. 7, [s. n], p. 100–113, 2016.

SILVA, R. M. A. Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido: políticas públicas e transição paradigmática. Fortaleza: **Revista Econômica Do Nordeste**, v. 38, n. 3. 2007.

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**. 2013. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

SOUZA, M. Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2): uma iniciativa inovadora para o enfrentamento da pobreza rural. **Agriculturas**, v.11, n. 2, 2014.

TADDEI, R.; BROAD, K.; PFAFF, A. **O contexto sociopolítico das reformas na gestão de águas no Ceará**. Publicado originalmente em: U. Lall e F.A. Souza Filho (eds.), Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos com Incorporação da Previsão Climática: da informação e previsão climática à redução da vulnerabilidade às secas no Semiárido cearense. Fortaleza: FUNCEME, 2004.

TRAVIS, M. J.; WIEL-SHAFRAN, A.; WEISBROD, N.; ADAR, E.; GROSS, A. Science of the Total Environment Greywater reuse for irrigation: Effect on soil properties. **Science of the Total Environment**, v.408, n.12, p. 2501–2508, 2010.

APÊNDICE A

Tabela 1A - PStest para os matchings por vizinho mais próximo, Kernel e Radius

MÉTODOS DE PAREAMENTO	PSEUDO R ²
Vizinho mais próximo (5 vizinhos)	0,252
Vizinho mais próximo (4 vizinhos)	0,347
Radius (0,1)	0,383
Radius (0,2)	0,260
Kernel (0,1)	0,391
Kernel (0,2)	0,267

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

APÊNDICE B

Tabela 1B - Modelo logístico utilizado para estimar o P(x)

Variáveis	coeficiente	p valor
Sexo	-1,2382	0,007*
Anos de Estudo	0.1901	0,004*
Estado Civil	-0.1996	0,597
Nº de homens agricultores	0,7363	0,022**
Tempo que reside no local	0.0244	0,100
Recebe crédito rural	-0.4369	0,370
Faz queimadas	-1,1047	0,043**
Faz plantio direto	-0,4403	0,416
Capina manualmente	1,3073	0,038**

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa

Tabela 2B - Critérios de escolha do modelo binário para estimar o P(x)

Critérios	Modelo	
	Logit	Probit
AIC	72,9465	73,0827
BIC	94,2179	94,3540
Curva ROC	0,8854	0,9835
Pseudo R ²	0,3668	0,3651
Casos corretamente classificados	77,42%	79,03%

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

Tabela 3B - PStest para os matchings por vizinho mais próximo, Kernel e Radius

MÉTODOS DE PAREAMENTO	PSEUDO R ²
Vizinho mais próximo (5 vizinhos)	0,090
Radius (0,1)	0,116
Kernel (0,1)	0,120

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