



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
BACHARELADO EM CIÊNCIAS ECONOMICAS

ÁLVARO ROBÉRIO DE SOUZA SÁ

**CRESCIMENTO ECONÔMICO E RECURSOS NATURAIS: UM ESTUDO
DOS MUNICÍPIOS DE PERNAMBUCO**

SERRA TALHADA/PE

2019

ÁLVARO ROBÉRIO DE SOUZA SÁ

**CRESCIMENTO ECONÔMICO E RECURSOS NATURAIS: UM ESTUDO
DOS MUNICÍPIOS DE PERNAMBUCO**

Monografia apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas
da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade
Federal Rural de Pernambuco.

Orientador: Prof. Dr. Sergiany da Silva Lima.

SERRA TALHADA/PE

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S111c Sá, Álvaro Robério de Souza
Crescimento econômico e recursos naturais: um estudo dos municípios de Pernambuco / Álvaro Robério de Souza
Sá. - 2019.
72 f. : il.

Orientador: SERGIANY DA SILVA LIMA.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em
Ciências Econômicas, Serra Talhada, 2019.

1. Recursos naturais. 2. Crescimento econômico. 3. Pernambuco. I. LIMA, SERGIANY DA SILVA, orient. II. Título

CDD 330

ÁLVARO ROBÉRIO DE SOUZA SÁ

**CRESCIMENTO ECONÔMICO E RECURSOS NATURAIS: UM ESTUDO DOS
MUNICÍPIOS DE PERNAMBUCO**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Sergiany da Silva Lima

Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UFRPE
Orientador

Prof. Dr. Felipe Alves Reis

Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UFRPE
1º Examinador

Prof. Dr. Arley Rodrigues Bezerra

Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UFRPE
2º Examinador

Serra Talhada/PE, 18 de dezembro de 2019.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser a minha fortaleza, autor do meu destino e socorro presente na hora da angústia; aos meus avós Dona Antônia e Álvaro Ferraz (in memoriam) pelos ensinamentos e cuidados; e as mulheres da minha vida: mãe Maria Geilsa, esposa Maria Solange e filha Maria Raquel, pelo amor incondicional que até aqui me impulsionou.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela capacitação ao longo dessa jornada, através do consolador, o amigo Espírito Santo, que nas madrugadas quando queria desistir me visitava e me fortalecia para continuar seguindo adiante.

Agradeço a minha avó, Dona Antônio, por nunca ter desistido da minha vida e por ter dado todo suporte para chegar até aqui. Agradeço, também, ao meu avô, Sr. Álvaro Ferraz (*in memoriam*), apesar de não estar mais aqui, cuidou de mim com todo seu amor e foi um verdadeiro pai na minha infância, me ensinando o caminho da justiça e da verdade.

Agradeço a minha mãe, Maria Geilsa, pelo seu amor, conselhos e por acreditar nos meus sonhos. Sua vida sempre foi uma fonte de inspiração e força para mim. Seu amor incondicional e suas orações me fortaleceram para chegar até aqui.

Agradeço a minha esposa, Maria Solange, por todos os dias que suportou minha ausência e cuidou da nossa filha, Maria Raquel; saibam que sem vocês minha vida não teria sentido e jamais teria chegado até aqui. Vocês são o motivo e a razão de ter chegado tão longe.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Sergiany da Silva Lima, pela paciência, amizade e pelos ensinamentos. Sou eternamente grato pelas oportunidades que me ofereceu e, principalmente, pelas suas orientações que enriqueceram este trabalho. Deus lhe recompensará!

Agradeço a todos os professores do Curso de Economia, que durante a graduação transferiram seus conhecimentos e ensinamentos tão importantes para minha evolução na vida acadêmica e profissional, em especial aos Prof. Dr. Adelson Santos, Prof. Dra. Nicole Pontes, Prof. Ms. Luciano Galvão, Prof. Dr. Eder Leão, Prof. Dr. Kleiton Siqueira, Prof. Ms. Camila Pereira, Prof. Ms. Loraine Meneses, Prof. Dr. Arley Rodrigues, Prof. Dr. Felipe Reis, Prof. Ms. Lívia Rodrigues, Prof. Dra. Priscila Freitas, Prof. Dra. Rachel Almeida e Prof. Dra. Keila Sonalle.

Agradeço a Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), na pessoa da coordenadora geral dos cursos, Prof. Dra. Maria das Graças, pela empatia e benevolência dando atendimento aos pleitos acadêmicos para conclusão de curso. Deus lhe recompensará!

Por fim, aos meus amigos e a todos aqueles que de alguma forma contribuíram ao longo da minha formação acadêmica e profissional, o meu eterno agradecimento.

RESUMO

Este trabalho analisa o efeito dos recursos naturais na produção agregada municipal e regional do Estado de Pernambuco, entre 2000 e 2010. Para tanto, foram utilizados dados oriundos de órgãos oficiais como IBGE, IPEADATA, BDE, RAIS, STN e APAC que permitiram estimar o efeito da agricultura e dos recursos hídricos sobre o produto per capita dos municípios, através de uma modelagem da teoria do crescimento econômico de Solow com capital humano e recursos naturais. O método de estimação dos resultados foi o de regressão linear múltipla com dados em painel balanceado. Em virtude dos dados longitudinais dos municípios pernambucanos, utilizou-se o estimador de efeito fixo e efeito aleatório controlado por *dummies* regionais para captar a importância dos recursos naturais na produção per capita das mesorregiões do estado, especialmente do Semiárido Pernambucano. Os resultados obtidos apresentam-se consistentes com a teoria do crescimento econômico com recursos naturais, e indicam que a agricultura e os recursos hídricos possuem efeito importante na produção agregada municipal e regional do estado de Pernambuco. Observou-se, ainda, que a produção agregada per capita das mesorregiões do Semiárido Pernambucano são em média menores do que a Região Metropolitana do Recife (RMR), salvo a exceção do Sertão do São Francisco. Por fim, concluiu-se que junto com o capital humano, os recursos naturais possuem papel relevante no progresso econômico do estado, principalmente, considerando a extensão de terras áridas e semiáridas, assim como pelas condições climáticas e geográficas que afetam 75% do território estadual.

Palavras-chave: Recursos Naturais, Crescimento Econômico, Pernambuco.

ABSTRACT

This paper analyzes the effect of natural resources on the municipal and regional aggregate production of the State of Pernambuco between 2000 and 2010. For this purpose, data from official agencies such as IBGE, IPEA Data, BDE, RAIS, STN and APAC were used to estimate the effect of agriculture and water resources on the per capita output of municipalities through a modeling of Solow's economic growth theory with human capital and natural resources. The estimation method was the multiple linear regression with balanced panel data. Due to the longitudinal data of Pernambuco municipalities, we used the fixed effect and random effect estimator controlled by regional dummies to capture the importance of natural resources in the per capita production of the mesoregions of the state, especially the Pernambuco Semi-arid. The results obtained are consistent with the theory of economic growth with natural resources, and indicate that agriculture and water resources have an important effect on municipal and regional aggregate production in the state of Pernambuco. It was also observed that the per capita aggregate production of the Pernambuco Semi-arid mesoregions is on average lower than the Recife Metropolitan Region (RMR), except for the Sertão do São Francisco. Finally, it was concluded that along with human capital, natural resources play a relevant role in the state's economic progress, especially considering the extent of arid and semi-arid lands, as well as the climatic and geographical conditions that affect 75% of the state territory.

Key-words: Natural Resources, Economic Growth, Pernambuco.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Frequência anual de desastres causados por estiagem e seca no Estado de Pernambuco 1991-2012.....	20
Figura 2 – Prejuízos do setor agrícola privado dos estados do Nordeste entre 1995-2014.....	21
Figura 3 – Prejuízos do setor pecuário privado dos estados Nordeste entre 1995-2014.....	22
Figura 4 – Produção das lavouras permanentes das mesorregiões do Estado de Pernambuco entre 2000-2018.....	29
Figura 5 – Taxa ótima de utilização dos recursos hídricos.....	39
Figura 6 – Delimitação das mesorregiões e do semiárido de Pernambuco.....	47
Figura 7 –Nuvem de dispersão das relações entre o PIB per capita e a formação de capital físico, capital humano, agricultura e recursos hídricos 2000-2010.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese das variáveis do modelo empírico.....	50
Tabela 2 – Estatística descritiva das variáveis do modelo empírico 2000-2010.....	53
Tabela 3 – Estimativas do modelo de Solow ampliado com capital humano e recursos naturais em painel balanceado para os municípios de Pernambuco 2000-2010.....	56
Tabela 4 – Estimativas do modelo de Solow simples e ampliado usando dados em painel balanceado com efeito fixo para os municípios de Pernambuco 2000-2010.....	58
Tabela 5 – Estimativas do modelo de Solow simples e ampliado com dados em painel balanceado com efeito aleatório e dummies regionais para Pernambuco 2000-2010.....	60

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima

AGR – Agreste

BDE – Banco de dados do Estado de Pernambuco

CEPED – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres Naturais

DINC – Distrito de Irrigação Nilo Coelho

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

IBGE – Instituto Brasileiro Geografia e Estatística

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

OECD – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ONU – Organizações das Nações Unidas

PAM – Produção Agrícola Municipal

RAIS – Relação Anual de Informações Sociais

RMR – Região Metropolitana do Recife

STF – Sertão do São Francisco

STN – Secretaria do Tesouro Nacional

STP – Sertão Pernambucano

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

ZMT – Zona da Mata

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO	16
2.1. ECONOMIA E RECURSOS NATURAIS	16
2.1.1. Condições geográficas, socioeconômicas e ambientais do Semiárido	16
2.1.2. Os efeitos da estiagem e da seca sobre o quadro socioeconômico do Semiárido	19
2.1.3. A importância econômica da agricultura familiar para o Semiárido	22
2.1.4. Alternativas para a escassez de recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas	24
2.1.5. A importância da Transposição do Rio São Francisco para o semiárido	27
2.1.6. Política de enfrentamento às mudanças climáticas do Estado de Pernambuco	29
2.2. CRESCIMENTO ECONÔMICO E RECURSOS NATURAIS	31
2.2.1. Teoria neoclássica do crescimento econômico	31
2.2.2. Modelo de crescimento econômico com recursos naturais	34
2.2.3. Modelo de crescimento econômico com restrição de recursos naturais	35
2.2.4. Modelo de crescimento econômico com recursos naturais e tecnologia	38
2.2.5. Modelo de Solow ampliado com capital humano e recursos naturais	41
3. METODOLOGIA	44
3.1. Modelo empírico	46
3.2. Área de estudo, apresentação das variáveis e fonte dos dados	47
3.2.1. Delimitação da área de estudo	47
3.2.2. Apresentação das variáveis e fonte dos dados	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
4.1. Análise da estatística descritiva	52
4.2. Estimções dos modelos	56
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS	65

1. INTRODUÇÃO

O Estado de Pernambuco tem 75% do seu território semiárido, abrangendo uma área de 86.341 km², composto pelas mesorregiões do Sertão do São Francisco, Sertão Pernambuco e Agreste, onde residem 3,9 milhões de habitantes. A maior parte do território estadual é recorrentemente afetada por problemas de estiagens intensas, inibindo a oferta de recursos naturais com potencial de uso na matriz regional de produção. Nestes termos, entende-se que ocorrência de secas frequentes restringe a capacidade do crescimento econômico do estado, sobretudo do Semiárido Pernambucano (LIMA e GATTO, 2014).

O Semiárido de Pernambuco é caracterizado por precipitações pluviométricas baixas e irregulares, vegetação de caatinga (hiperxerófila), baixa umidade relativa, elevadas temperaturas e déficit hídrico permanente. Além disso, estima-se que por ano cerca de 7 a 10 meses sejam de seca (JACOMINE et al., 1972; SOARES, 2012). Esse cenário de irregularidade climática, evidencia uma forte restrição ao desenvolvimento agropecuário e socioeconômico, corroborando para um quadro de desestruturação das lavouras, desemprego e fome. Por essa razão, é factível assumir que a capacidade de crescimento econômico da maior parte do Estado de Pernambuco é seriamente afetada pela baixa oferta de recursos naturais (GALVÍNCIO e MOURA, 2005).

Entre os anos de 2006 e 2010 a falta de chuvas afetou negativamente a agropecuária do Sertão Pernambucano com queda de 17,30% do seu Valor Adicionado Bruto (VAB). Entre 2007 e 2008, o Agreste Pernambucano apresentou redução de 16,46% na produção agropecuária, enquanto o Sertão do São Francisco apenas 3,04%. Esses resultados sugerem que embora todo o semiárido do estado seja sensível às intempéries climáticas da fisiologia regional, o Sertão Pernambucano se mostra como o segmento mais vulnerável a esses fenômenos climáticos¹.

Contudo, cabe aqui uma reflexão sobre exemplos internacionais de convivência com a seca. O Estado de Israel convive com um problema de oferta de água semelhante ao do semiárido pernambucano. A diferença é que a escassez de recursos hídricos neste país tem recebido um tratamento eficiente por meio do reúso das águas residuais, que vem otimizando e racionalizando o uso dos recursos hídricos. Atualmente, uma média de 85% das águas residuais tratadas é destinada para irrigação agrícola. Esse modelo de

¹Dados disponibilizados pelo IBGE (2019), valores foram deflacionados com ano base em 2002.

reúso das águas, nas últimas seis décadas, tem promovido a redução da poluição e um crescimento de 1600% na produção dos agricultores israelenses, de acordo com Sapkota (2018), Reznik et al. (2017), Tal (2016) e Kislev e Tsaben (2013).

Estima-se que a otimização do uso da água possa aumentar o rendimento das colheitas em 300%, especialmente nas regiões áridas (HOWELL, 2001), conseguindo atender, aproximadamente, 40% da produção agrícola do mundo (ONU, 2014 apud TAL, 2016). Contudo, esse modelo de uso eficiente da água representa apenas 20% das terras agrícolas do planeta (UN - IFAD, 2015 apud TAL, 2016). De todo modo, a evidência empírica mostra que é possível otimizar os estoques de água do Estado de Pernambuco e os seus efeitos esperados podem ampliar a oferta de recursos naturais e o potencial de produção, sobretudo no território semiárido.

Na primeira década do século XXI ocorreram grandes transformações econômicas e sociais em Pernambuco, e a economia respondeu com uma taxa média de crescimento da produção agregada de 3,2% ao ano (SILVA, 2013), entretanto, também foi uma época onde a estiagem impôs grandes desafios às mesorregiões, sobretudo ao Sertão Pernambucano, registrando-se, em média, 75 ocorrências de seca por ano (CEPED, 2013).

Neste contexto, esse estudo se propõe a determinar o efeito dos recursos naturais na produção agregada municipal e regional do Estado de Pernambuco, entre 2000 e 2010, com base nos modelos de crescimento econômico de Solow (1956; 1957), Lucas (1988), Romer (1990), Mankiw et. al (1992), Nordhaus (1992), Asteriou e Agiomirgianakis (2001), Barbier (2004) e Sultana et al. (2019). Especificamente, tem-se a finalidade de identificar os recursos naturais de maior relevância para o desenvolvimento econômico do estado, assim como estimar o efeito da dotação de recursos naturais sobre o crescimento econômico da produção agregada das mesorregiões, especialmente, do Semiárido Pernambucano.

O efeito do estoque de recursos naturais sobre a produção agregada do Estado de Pernambuco é especialmente relevante para o desenvolvimento da ciência e tecnologia. A ausência de água compromete a oferta de recursos naturais, inibe a oferta de terras produtivas e encarece as condições de produção em 75% do território estadual. Portanto, a oferta de água pode ser um dos maiores estranguladores da capacidade de crescimento do estado de Pernambuco no médio prazo.

Além dessa breve introdução, este trabalho apresenta na seção seguinte o referencial teórico que traz um levantamento sobre economia e os recursos naturais do

Semiárido de Pernambuco, assim como algumas teorias sobre crescimento econômico com recursos naturais, partindo da contribuição de Robert Solow. A terceira seção mostra os procedimentos metodológicos empregados na execução desse estudo. A quarta seção retrata os resultados obtidos através do modelo empírico e, na última seção, a conclusão e as considerações finais dessa pesquisa.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

Esta seção aborda os aspectos econômicos, políticos, sociais, geográficos e ambientais da economia do Semiárido de Pernambuco, além de uma caracterização das particularidades que restringem a maior parte do progresso econômico no território estadual. Este tópico, ainda, apresenta uma contribuição ao crescimento econômico com recursos naturais para economias com grande extensão de áreas áridas e semiáridas, a partir da discussão teórica da corrente neoclássica.

2.1.ECONOMIA E RECURSOS NATURAIS

2.1.1. Condições geográficas, socioeconômicas e ambientais do Semiárido

O Semiárido é conceituado no âmbito geográfico a partir de uma classificação climática representada pelos níveis de precipitação abaixo da evapotranspiração potencial²(MACHADO, 2018). Este clima é predominante na Região Nordeste, que possui uma área de 1.128.697 km², abarcando 1.262 municípios com população de 53,073 milhões de habitantes (IBGE, 2010;SUDENE, 2018).

O semiárido pernambucano é formado pelas mesorregiões do Sertão do São Francisco, Sertão Pernambucano e Agreste. A região é caracterizada pelo clima seco, temperaturas elevadas, chuvas escassas e mal distribuídas durante o ano, que refletem sobre a vegetação, solo, rios e concentração urbana e, sobretudo, na atividade agrícola e pecuária (APAC, 2013).

O semiárido brasileiro, em quase sua totalidade, vivencia o estigma da estiagem e seca, em virtude de irregularidade pluviométrica, apresentando uma precipitação anual máxima de 800 mm, insolação média de 2.800h/ano e umidade relativa do ar média em torno de 50%. O ciclo de chuvas do semiárido é de três a quatro meses, sendo

² Definição com base na referência climática internacional de Köppen² ou Thornthwaite.

insuficiente para atender a demanda social e econômica da região (SILVA et. al, 2010; MOURA, 2019).

No semiárido pernambucano a precipitação pluviométrica anual varia entre 500 e 800 mm, concentrando-se entre os meses de janeiro e abril, quando a oferta de recursos naturais aumenta, provocando elevação na produtividade do setor primário. Contudo, devido o curto período de chuvas e a sazonalidade pluviométrica, a oferta de recursos hídricos torna-se um grande gargalo para o crescimento econômico de médio e longo prazo, principalmente, devido a demanda de água no território pernambucano ser de 70% para irrigação, 19% abastecimento humano, 6% indústria e 2% animal (APAC, 2013).

No contexto social, o semiárido brasileiro também apresenta problemas persistentes ao longo do tempo, como desemprego, fome, pobreza e migração de população, recorrentemente afetada pela estiagem prolongada, apesar de corresponder 11% do território nacional. O semiárido ainda possui forte assimetria regional e inter-regional, com elevada taxa de analfabetismo, baixo nível de renda e exclusão social, quando comparada as demais regiões do país (VIEIRA et al., 2015).

No ano de 2009, a região Nordeste, que detém a maior extensão de terras áridas e semiáridas do país, tinha elevada concentração de renda apresentando um coeficiente de Gini de 0,558, contudo; em 2014 ocorreu uma relativa melhora desse indicador, reduzindo o coeficiente para 0,516. Entre 2009 e 2014, a taxa média de pessoas com 15 anos ou mais analfabetas da região foi de 17,3% (IPEA, 2019).

De 2009 a 2014, o Nordeste apresentou uma média aproximada de população desocupada de 2,26 milhões, enquanto Pernambuco teve uma média de 400,9 mil pessoas. Nesse período, a região nordestina ainda apresentou uma média de 1,6 milhões de domicílios em extrema pobreza, por outro lado, Pernambuco teve média de 261, 2 mil (IPEA, 2019).

Apesar das condições climáticas adversas, o semiárido brasileiro abriga 28 milhões de habitantes, tendo uma densidade demográfica de 23,06 hab/km², enquanto o Nordeste 34,15 hab/km² (IBGE, 2012) e o semiárido pernambucano 40,72 hab/km² (SUDENE, 2018).

Em termos econômicos, o setor agropecuário corresponde a cerca de 11% do Produto Interno Bruto (PIB) do semiárido brasileiro, o que representa um desafio para o crescimento econômico, devido os fatores geográficos tornarem a produtividade do setor decrescente nos períodos de seca e estiagem. No ano de 2010, o setor primário do

semiárido teve uma participação de 2,75% no produto agregado do Estado de Pernambuco, reflexo da restrição de recursos naturais (IPEA, 2019).

A problemática dos recursos naturais no semiárido brasileiro está associada também ao engajamento da força de trabalho em atividades econômicas do setor rural, que apesar de garantirem a segurança alimentar da população, carecem de elevada oferta de água, terras agricultáveis e tecnologia para serem sustentáveis ao longo do tempo. Contudo, devido os fatores restritivos e a dificuldade de convívio no semiárido, tem-se desencadeado um forte processo de degradação ambiental, que tem comprometido ainda mais o crescimento econômico e o bem-estar das gerações seguintes (SILVA et al., 2010).

A degradação ambiental em vigor no semiárido brasileiro vem reduzindo os 844,4 mil km² do bioma da caatinga, que é extremamente suscetível as mudanças climáticas em andamento (MENEZES et al., 2012). A fragilidade da vegetação predominante na região concatena-se a outro problema causado pelo fenômeno da seca e uso intensivo do solo, que corresponde ao crescimento de áreas de desertificação no semiárido (SILVA, 2019).

A intensificação de fatores antropogênicos são as principais causas do processo de degradação ambiental e desertificação no semiárido. Esta deterioração dos recursos naturais associa-se tanto a variabilidade climática, como também ao aumento da aridez na região desde a segunda metade do século XX. O impacto desses fatores pode ser analisado a partir do período de 1997 a 2016, quando foram registradas cerca de dez ocorrências de seca intensa, que além de afetarem adversamente a oferta de insumos naturais, também recaíram sobre a atividade econômica e humana do semiárido brasileiro (MARENGO et al., 2018).

O crescimento das áreas de desertificação no semiárido tem efeito considerável na produção agregada, pois semelhante a restrição de recursos hídricos, reduz a oferta de terras férteis para uso na produção agropecuária.

Estima-se que no período de estiagem de 2011 e 2012, a Região Nordeste tenha perdido 9% de sua safra, enquanto no Estado de Pernambuco as perdas foram de 78,3%. Os prejuízos evidenciam a fragilidade da maior parte da economia do estado (semiárido) às secas e processos de deterioração dos recursos naturais, sobretudo para o setor agropecuário (ARAUJO et al., 2014).

As áreas secas abrangem cerca de 41% da superfície terrestre, porém, 10 a 20% dessa extensão territorial está passando por processo intenso de degradação dos recursos

naturais, refletindo em perdas econômicas e ambientais para a sociedade. Além disso, 44% das áreas agrícolas globais e 2 bilhões de pessoas vivem em regiões áridas e semiáridas do mundo, sendo que 90% dessas terras encontram-se localizadas em países subdesenvolvidos (DEICHMANN et al., 1991; REYNOLDS et al., 2007; D'ODORICO et al., 2013; VIEIRA et al., 2015).

Nesse contexto, a preocupação da área científica brasileira tem sido, principalmente, em relação ao processo de substituição do bioma da caatinga por pastagens e atividades agrícolas, devido seus efeitos sobre o ecossistema e a oferta de insumos naturais. Estima-se que 40% da vegetação da caatinga tenha sido perdida, em virtude da exploração ascendente do setor agropecuário nacional. Por outro lado, o processo de roedura da caatinga cresce a uma taxa de 0,3% ao ano (VIEIRA et al., 2013).

Os recursos naturais apesar de serem relevantes à dinâmica do crescimento econômico do semiárido, a exploração e o uso inadequado dos insumos naturais podem limitar irreversivelmente o desenvolvimento econômico dessa região. Nesse sentido, a manutenção de atividades econômicas, como agricultura e pecuária, que necessitam de uso intenso de água e terras férteis, sem investimento e progresso tecnológico, aumentam a pressão sobre o estoque de capital natural, por conseguinte, favorecem o aumento das restrições para o progresso econômico de médio e longo prazo do Estado de Pernambuco (CASTRO, 2018).

2.1.2. Os efeitos da estiagem e da seca sobre o quadro socioeconômico do Semiárido

O fenômeno da estiagem é considerado existente quando ocorre um atraso superior a quinze dias no início do ciclo de chuvas da região ou quando o índice pluviométrico médio dos meses de chuva permanece inferiores a 60% em relação aos períodos anteriores, segundo Castro (2003) e CEPED (2013).

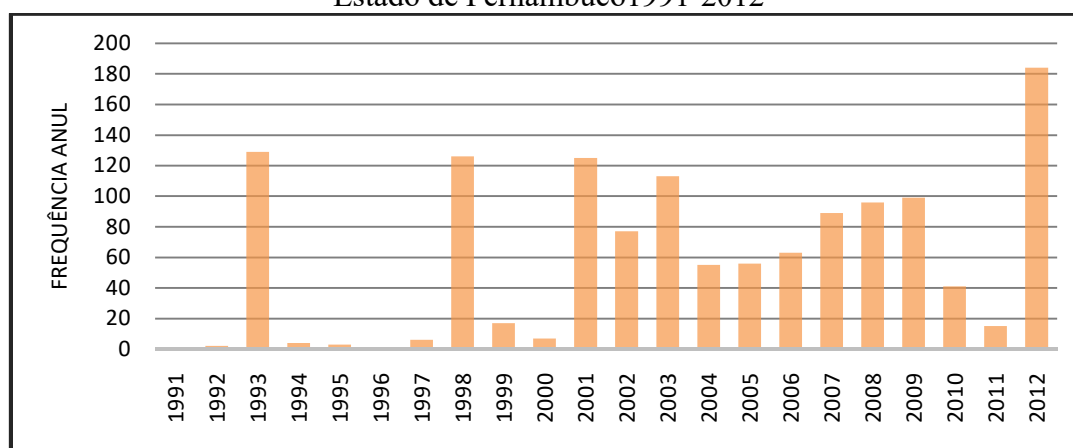
Nesse sentido, estiagem e seca têm sido caracterizadas como desastres naturais³ com os maiores registros no planeta, especialmente no semiárido brasileiro, devido sua extensão de tempo e abrangência territorial (GONÇALVES et al., 2004). Assim, as

³ No Brasil, a estiagem e a seca são caracterizadas como desastre natural quando a restrição a oferta de água – originária da redução de precipitações pluviométricas –, impacta negativamente sobre a sociedade, economia e meio ambiente (CEPED, 2013).

mudanças climáticas produzem reflexos sobre as reservas hidrológicas e geram grandes prejuízos econômicos, a depender da importância da atividade primária para a economia. Portanto, a intensidade do dano desse fenômeno climático é proporcional a vulnerabilidade socioeconômica da economia localizada nessa região (CASTRO, 2003; CEPED, 2013).

O fenômeno da seca corresponde a uma estiagem prolongada com redução sustentada dos níveis de recursos hídricos existentes na economia⁴(CASTRO, 2003; KOBIYAMA et al., 2006; CEPED, 2013). Nesse sentido, a seca além de ser um desastre natural, é também um fenômeno social, pois apresenta um quadro de pobreza e estagnação econômica em decorrência dos efeitos climáticos adversos (CASTRO, 2003).

Figura 1 – Frequência anual de desastres naturais causados por estiagem e seca no Estado de Pernambuco 1991-2012



Fonte: Brasil (2013).

Diante desse contexto, na Figura 1 apresenta-se a frequência anual dos desastres naturais provocados pela estiagem e seca no Estado de Pernambuco, entre 1991 e 2012. Nesse período, ocorreram mais de 1,3 mil registros oficiais desse tipo de desastre natural, afetando mais de 170 municípios pernambucanos, sobretudo no Sertão do São Francisco e Sertão Pernambucano, onde se concentraram a maior parte das ocorrências⁵(CEPED, 2013).

⁴ Segundo Campos (1997) o fenômeno da seca pode ser classificado em a) climatológico, quando os níveis de chuva se encontram a baixo do normal para região; b) hidrológico, quando existe deficiência no estoque de recursos hídricos de rios, açudes e barragens e c) edáfica, quando existe déficit de umidade constante no solo.

⁵ Segundo a CEPED (2013) os municípios mais afetados pela seca foram Araripina, Igaraci, Santa Cruz, Arcoverde, Dormente, Moreilândia, São José do Belmonte, Tacaratu, Verdejante, Cabrobró, Iati e Taquaratinga do Norte.

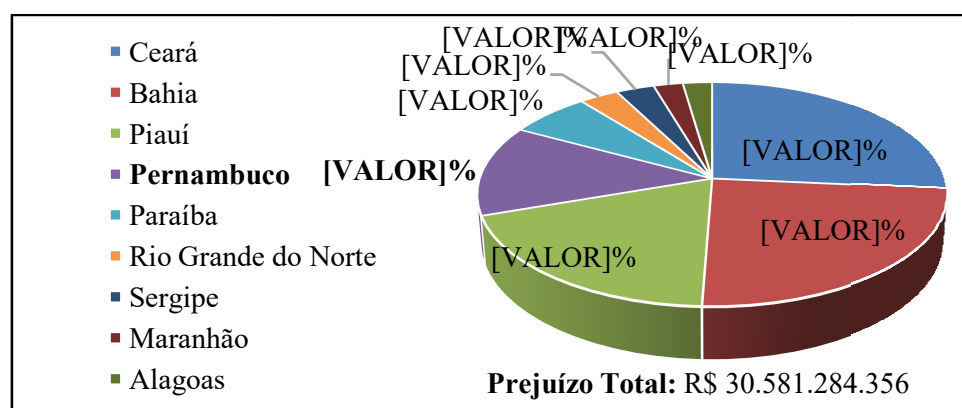
Segundo Gaspar (2010) o crescimento dos desastres naturais provenientes da seca e estiagem em Pernambuco, a partir de 2000, estão associados ao crescimento populacional e expansão de atividades econômicas com elevado grau de vulnerabilidade, ou seja, não acompanhadas pelo aumento da oferta de recursos naturais⁶.

Entre 1991 e 2012, estiagem e seca provocaram graves consequências para a população pernambucana, resultando em 2 óbitos, 806 pessoas enfermas, 728 pessoas desalojadas, 13.312 pessoas atingidas por outros tipos de danos e 5.255.635 pessoas afetadas em todo a extensão do território (CEPED, 2013).

Os desastres naturais causados pela seca e estiagem no território pernambucano também estão relacionados a ausência relativa de infraestrutura e planejamento para atender o crescimento da população urbana que entre 1991 e 2010 foi de 39,6%, enquanto a população rural apresentou uma redução de 15,98%. Portanto, essa reversão da tendência populacional favorecem o crescimento do número de desastres naturais no Estado de Pernambuco (GASPAR, 2010).

Os prejuízos do setor agrícola privado causados pelas condições climáticas do semiárido na Região Nordeste são apresentadas na Figura 2. Entre 1995 e 2014, os desastres naturais nessa região brasileira produziram perdas para o setor privado da agricultura de R\$ 30.581.284.356, distribuídos entre os estados da seguinte forma: Ceará (26,4%), Bahia (24,1%), Piauí (19,1%), Pernambuco (13,1%), Paraíba (6,4%), Rio Grande do Norte (3,1%), Sergipe (3,0%), Maranhão (2,3%) e Alagoas (2,3%) (CEPED, 2016).

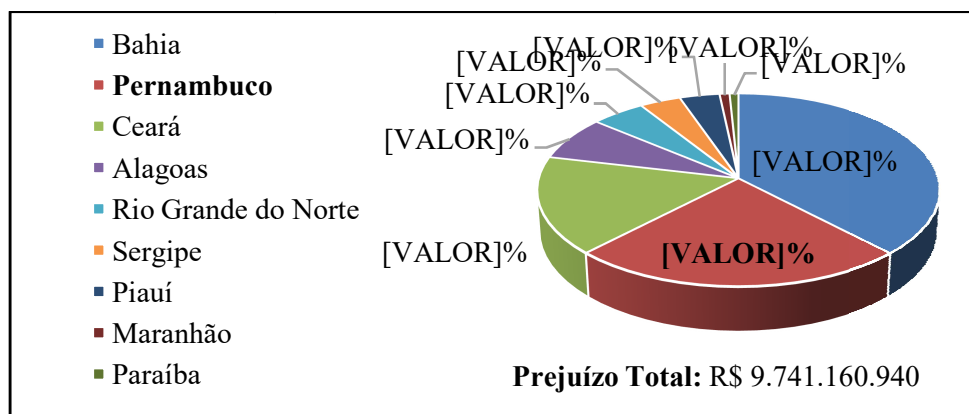
Figura 2 – Prejuízos do setor agrícola privado dos estados do Nordeste entre 1995-2014



⁶ Nas últimas décadas, também, tem ocorrido um aumento de queimadas, desmatamento e degradação do meio ambiente no território, principalmente, no semiárido pernambucano.

Fonte: CEPED (2016)

Figura 3 –Prejuízos do setor pecuário privado dos estados Nordeste entre 1995-2014



Fonte: CEPED (2016)

Na Figura 3, apresenta-se também as perdas do setor pecuário privado na Região Nordeste. Os desastres naturais impactaram fortemente nesse setor primário entre 1995 e 2014, totalizando prejuízos da ordem de R\$ 9.741.160.940, distribuídos entre os estados da seguinte forma: Bahia (37,8%), Pernambuco (24,4%), Ceará (16,4%), Alagoas (7,4%), Rio Grande do Norte (4,9%), Sergipe (3,7%), Piauí (3,6%), Maranhão (0,9%), Paraíba (0,8%) (CEPED, 2016).

Portanto, as condições geográficas do semiárido limitam o progresso econômico na maior parte do Estado de Pernambuco, tendo em vista que produzem elevadas perdas econômicas e sociais que afetam o nível de investimento em capital produtivo a médio e longo prazo, devido a produtividade decrescente do setor primário nas economias de 75% do território estadual.

2.1.3. A importância econômica da agricultura familiar para o Semiárido

No Estado de Pernambuco, a agricultura ocupa papel relevante no crescimento econômico da maior parte dos municípios, sobretudo dos que estão localizados no semiárido. Grande parte da atividade agrícola estadual deve-se a agricultura familiar, que é uma unidade de produção e consumo, que associa gestão e trabalho predominantemente familiar (SANTOS, 2016).

Apesar desse estrato do setor rural caracterizar-se pela diversificação da produção agrícola e pela busca do equilíbrio no uso dos recursos naturais, isto é, o desenvolvimento da atividade rural com sustentabilidade, em Pernambuco, devido à

falta de acompanhamento técnico e tecnologia adequada para a produção primária pelos agricultores de núcleo familiar, a desertificação tem se intensificado. Mesmo assim, a agricultura familiar ainda continua tendo como vantagem o perfil distributivo e a busca pela sustentabilidade entre os produtores rurais (TOMASETTO et al., 2009).

No que tange ao aspecto sustentabilidade, a agricultura familiar destaca-se pela não utilização de agrotóxicos e fertilizantes solúveis na produção, assim como o aproveitamento da biomassa, controle da erosão dos solos, diversificação e rotação de culturas, integração da produção animal e vegetal, busca de fontes renováveis de energia e práticas inovadoras para o cultivo agrícola (EHLERS, 2009). Por essa razão, a agricultura familiar além de ofertar alimentos com qualidade ao mercado também produz emprego e renda para a população, em mais da metade do território pernambucano.

As fazendas familiares são reconhecidas a nível mundial como essenciais à segurança alimentar, em virtude de representarem 90% das fazendas do mundo e serem responsáveis pela maior parte dos alimentos consumidos no planeta. A agricultura familiar é relevante pela sua eficiência em atingir altos níveis de produtividade com uso da força familiar em sistemas de produção de culturas diversificadas (FAO, 2014). Paradoxalmente, também são esses agricultores que representam a população com maior insegurança alimentar e vulnerabilidade socioeconômica e ambiental (BOSC et al., 2013; BERCHIN et al., 2019).

No Brasil, a agricultura familiar representa 85% do número total de fazendas, sendo a maior parte localizada em terras áridas e semiáridas da Região Nordeste. O Censo Agropecuário (2006) aponta que nessa região encontra-se metade dos estabelecimentos de agricultores familiares do país (FRANÇA et al., 2009). Em contraste, no Censo Agropecuário (2017) o número de estabelecimentos de agricultores familiares caiu para 77%, entretanto, de 10, 1 milhões de pessoas ocupadas no setor agropecuário nacional, cerca de 46,6% estão no Nordeste (IBGE, 2009; IBGE, 2017).

A atividade agropecuária tem papel importante na economia do Estado de Pernambuco, tendo em vista que cerca de 19% da área territorial é utilizada para o plantio de lavoura, sendo que desse montante, 82% são para cultivo temporário e 17% permanente. Nesse sentido, 74% dos estabelecimentos agropecuários do território estadual não fazem uso de agrotóxico e 61% utilizam o sistema de preparo de solo para cultivo convencional, corroborando para forte participação da agricultura familiar na produção agregada estadual (IBGE, 2017).

O Estado de Pernambuco ainda possui 281,1 mil estabelecimentos agropecuários, o que representa cerca de 5,8% dos estabelecimentos rurais do país, além de uma área rural de 4,5 milhões de hectares. No que tange ao mercado de trabalho, cerca de 771 mil pessoas estão ocupadas em estabelecimentos agropecuários, além disso, no semiárido pernambucano predomina a agricultura familiar considerando que 73% do pessoal ocupado possui laço de parentesco com o produtor rural, enquanto apenas 27% não possuem. Contudo, tanto o pessoal ocupado sem parentesco de emprego temporário e emprego permanente são de 47% (IBGE, 2017).

2.1.4. Alternativas para a escassez de recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas

O principal desafio de economias como a do Estado de Pernambuco, que possuem grandes extensões de terras áridas e semiáridas, é conseguir manter um nível de produção agregada ascende com sustentabilidade dos recursos naturais, investimento produtivo e progresso tecnológico. A consolidação desses aspectos é relevante para atender o crescimento da demanda pelos recursos hídricos, assim como superar as mudanças climáticas e ocorrências de secas intensas que afligem a maior parte dos municípios do estado.

As mudanças climáticas sobrepuseram forte restrição a oferta de água nas últimas décadas ao semiárido pernambucano, entretanto, inovações tecnológicas, gerenciamento e comportamento eficiente dos agentes econômicos, em relação ao uso e preservação dos recursos hídricos, podem promover economias substanciais do estoque de recursos naturais (COBACHO et al., 2014).

Uma alternativa para reverter o consumo e uso ineficiente dos recursos naturais no Estado de Pernambuco é a implantação do controle de perdas nas redes de distribuição de água, racionamento, educação ambiental, economia e reúso dos recursos naturais em residências e prédios urbanos e rurais (XIAO et., 2016; ANDRADE SANTANA et al., 2019).

Nas regiões secas do mundo, os agentes públicos e privados têm buscado como alternativa para ampliar a produção agrícola o uso eficiente da água. Para isso, estão investindo no reaproveitamento dos recursos hídricos não convencionais, como águas salinas e residuais, que após serem tratadas podem ser usadas na atividade econômica. A medida permite o aumento da produtividade das plantações agrícolas, assim como a

oferta de alimentos para o mercado interno e externo, garantindo assim a segurança alimentar da sociedade. Essas ações estão sendo implantadas em extensões territoriais com condições geográficas semelhantes às do semiárido pernambucano (HUSSAIN et al., 2019).

A preocupação com o reúso da água tem aumentado no mundo todo, especialmente na primeira década do século XXI, quando os recursos hídricos renováveis per capita entraram em uma tendência decrescente de 1250 m³ em 1950 para 76,2 m³ em 2014, os mais baixos do mundo (THE WORLD BANK, 2017). Estima-se, que a agricultura consuma cerca de 80 a 90% da água, enquanto a demanda global triplicou nas últimas décadas e a oferta de água doce tem declinado drasticamente desde a Segunda Guerra Mundial (GLEICK, 2003).

Segundo a Organização das Nações Unidas – ONU (2012) apud Hussain et al. (2019) os sistemas de produção agrícola serão incapazes de atender a demanda de alimentos da população mundial, que até 2050 passará a ser de 9 bilhões de habitantes. Contudo, os economistas neoclássicos acreditam que o progresso tecnológico reverterá em grande parte cenário tão negativo. Fargione et al. (2008) explica que para contornar essa previsão é necessário expandir a produção agrícola em regiões áridas do mundo, através de um tratamento eficiente no uso e reúso dos recursos hídricos, assim como reduzindo a degradação ambiental do solo e processo de desertificação.

A escassez hídrica é realmente preocupante, principalmente, nas regiões áridas e semiáridas, como a do Oriente Médio, Norte da África e Região Nordeste do Brasil, onde a baixa oferta de água tem restringido a produção agrícola e ameaçado a segurança alimentar da população (HUSSAIN et al., 2019).

Contudo, a Península Arábica, que é uma região com o mesmo quadro geográfico e climático do semiárido pernambucano, tem apresentado uma produção de água residual de 50 a 90%, que com o tratamento adequado podem ser utilizadas para irrigação e produção de alimentos (HUSSAIN e ALDAKHEEL, 2015; HUSSAIN et al., 2016). Ghisi e Ferreira (2007) retratam que com o tratamento adequado as águas residuais podem gerar uma economia de até 35% no consumo de água dessa região, sem provocar riscos à saúde pública, desde que sejam tomadas às precauções adequadas para não contaminar os alimentos e o solo.

A restrição de recursos hídricos nas áreas secas do mundo tem sido superada através do uso de águas subterrâneas. Estima-se que nas últimas três décadas países desenvolvidos e subdesenvolvidos perfuraram mais de 300 milhões de poços no

mundo. Na Europa, cerca de 75% da população é atendida com água do subsolo; em países como Suécia, Holanda e Bélgica esse percentual é de 90% (MEDEIROS et al., 2011; OSTER et al., 2012). No Brasil, estima-se que pelo menos metade do abastecimento de água doce seja fornecido por recursos hídricos subterrâneos (SILVA et al., 2007).

Os recursos hídricos subterrâneos são uma alternativa viável para garantir o maior acesso da população a água, principalmente, das famílias e dos produtores rurais do semiárido pernambucano. Contudo, essa fonte hídrica normalmente apresenta problema de salinidade em regiões áridas e semiáridas (NEVES et al., 2017). Este empecilho requer um tratamento eficiente de dessalinização com a finalidade de eliminar os contaminantes físicos, químicos e biológicos indesejados, para que só depois a água possa ser usada para o consumo humano ou irrigação, sem afetar adversamente as culturas agrícolas ou degradar o solo (LEW et al., 2019).

Na Região Nordeste, especialmente no Semiárido de Pernambuco, estima-se que poderiam ser explorados do subsolo, sem esgotamento dos mananciais, pelo menos 19,5 bilhões de m³ de água anualmente, o que corresponde a 40 vezes o volume extraído atualmente (SOARES, 2006). A exploração tão baixa é reflexo da concentração de sais contidos nos recursos hídricos, uma vez que o semiárido brasileiro é formado por rochas cristalinas, com teor dissolvidos na água que superam os 2.000 mg L⁻¹ em 75% dos poços perfurados na região (REBOUÇAS, 1999; SILVA et al., 2014).

Na última década, o Governo Federal do Brasil iniciou o “Programa Água Boa”, com a finalidade de expandir a exploração de águas do subsolo, através da instalação de várias estações de osmose reversa no semiárido. Este processo permite a obtenção de água potável para as famílias rurais, com potencial de consumo e uso na produção agrícola.

Na atualidade, encontram-se instalados no semiárido brasileiro mais de 3 mil dessalinizadores, porém, este processo além de gerar água potável também produz um rejeito altamente salino, que varia entre 40 e 70% da água tratada, podendo impactar adversamente no meio ambiente (solo e lençóis freáticos) da região (NEVES et al., 2017).

No Semiárido de Pernambuco, existem em operação mais de 230 sistemas de dessalinização, funcionando em municípios das mesorregiões do Sertão do São Francisco, Sertão Pernambucano e Agreste, produzindo mais de 140 mil litros de água

doce por hora⁷. Portanto, nota-se que existem várias alternativas que podem ser implantadas pelos agentes públicos e privados para reverterem o quadro de escassez dos recursos hídricos, sendo a instalação de dessalinizadores e reúso da água os mecanismos mais promissores para expandir a oferta hídrica nas regiões áridas e semiáridas.

Contudo, a intervenção estatal no semiárido brasileiro, nas últimas décadas, foi voltada para perfurações de poços, construção de reservatórios, sistemas de transposição e adutoras, como alternativa para superar a restrição de recursos hídricos. As ações tiveram como finalidade otimizar e tornar eficiente a distribuição de água, porém, ainda se encontram aquém do necessário para atender a atividade humana e produtiva da região (GNADLINGER, 2015).

Nesse sentido, a intervenção pública no semiárido nordestino sempre foi paliativa em relação a construção de alternativas para o abastecimento hídrico das economias, desde a política de combate às secas até a implantação de cisternas para captação de água da chuva, o problema da escassez continua latente, sobretudo em municípios com pouca influência econômica e política no Governo Federal e Estadual (ANDRADE e NUNES, 2014).

Recentemente, com a implantação da Transposição do Rio São Francisco os municípios do semiárido, especialmente do Estado de Pernambuco, conseguiram reduzir relativamente as restrições hídricas. Contudo, a estiagem continua sendo um desafio à população e para o setor primário, carecendo de progresso tecnológico e de alternativas permanentes para que seus efeitos sejam cada vez menos restritivos ao crescimento econômico de médio e longo prazo.

2.1.5. A importância da Transposição do Rio São Francisco para o semiárido

Na primeira década do século XXI, o Governo Federal investiu fortemente na implantação do Projeto de Integração da Bacia do Rio São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional. O projeto ficou conhecido como Transposição do São Francisco e teve a finalidade de ampliar a oferta de água para uso múltiplo na região semiárida dos estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte (CASTRO, 2011).

Segundo o Ministério da Integração (2009) a acomodação do rio São Francisco às bacias dos rios temporários do semiárido nordestino permitirão uma exploração

⁷Informações da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco fornecida ao Portal de Notícias G1. Veja em: <<http://twixar.me/1JFT>>.

continua de 26,4 m³/s de água com potencial de até 127 m³/s, onde a oferta de água passa a atender tanto o consumo humano como a atividade econômica, principalmente do setor agropecuário. A extração de recursos hídricos beneficiará 391 municípios do Agreste e Sertão do Nordeste Setentrional até 2025 (CASTRO, 2011).

A transposição visa assegurar a oferta de água a cerca de 12 milhões de habitantes dos municípios do semiárido nordestino, entre eles do Estado de Pernambuco. É importante destacar, que a Região Nordeste possui apenas 3% da disponibilidade de recursos hídricos para atender 28% da população do país. Além disso, a região possui uma série de problemas de distribuição de água, tendo em vista que 70% dos recursos hídricos ofertados são provenientes do Rio São Francisco (CASTRO, 2009).

Diante desse contexto, a transposição da Bacia do São Francisco prevê ao seu término fornecer água para diversos fins, sendo 70% para agricultura irrigada, 26% para indústria e 4% para população. Estima-se, que as áreas irrigadas que eram de 73,5 mil hectares em 2005 alcancem a extensão de 265, 2 mil hectares até o seu término (CASTRO, 2009).

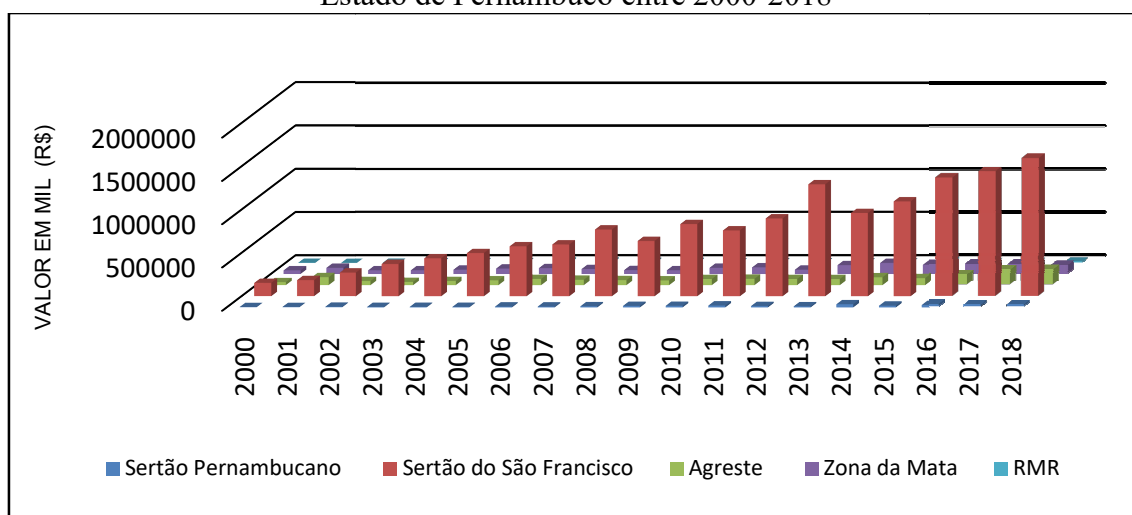
Segundo o Ministério da Integração, o Eixo Leste da Transposição do Rio São Francisco (Sertânia, Floresta, Arcoverde e Pesqueira) atende, atualmente, cerca de 35 municípios do semiárido pernambucano e do paraibano. No entanto, sua extensão foi projetada para atender 4,5 milhões de pessoas de 168 municípios castigados pela estiagem prolongada nos estados de Pernambuco e Paraíba. Por outro lado, o Eixo Norte contempla, atualmente, cerca de 3,2 mil moradores e produtores de cebola do município de Cabrobó, no Sertão Pernambucano, e mais 17 comunidades rurais. A estação de bombeamento de água atende também 9,2 mil habitantes do município de Terra Nova.

Nesse contexto, a importância do Rio São Francisco pode ser notada, também, através da agricultura irrigada desenvolvida na mesorregião do Sertão do São Francisco, especialmente, no polo Petrolina-Juazeiro. A região possui cerca de 46 mil hectares de área irrigada, sendo o maior centro produtor de frutas tropicais do país, contribuindo com 80% das exportações brasileiras, além disso, produz 70% da manga exportada do país para os mercados europeu e americano (COELHO e SOUZA, 2014).

É importante retratar que o polo Petrolina-Juazeiro é conhecido por sediar projetos pioneiros de irrigação, configurando-se como uma das maiores áreas de irrigação do país. Nesse sentido, destaca-se o Perímetro Senador Nilo Coelho, que foi o maior projeto de cultivo de frutas tropicais em uma região semiárida (BARBOSA et al., 2018).

Estima-se que o Projeto Nilo Coelho e regiões adjacentes ocupem uma área irrigada de 24.837 hectares, beneficiando mais de 90,6 mil pessoas direta e indiretamente, por meio da geração de emprego, renda e comércio da fruticultura irrigada (DINC, 2015). As águas do São Francisco possibilitaram ao município de Petrolina, por exemplo, tornar-se o maior produtor frutícola do país, alcançando um valor de produção de R\$ 918 milhões em 2013, o que corresponde a 3,9% da produção total do Brasil (PAM, 2013).

Figura 4 – Produção das lavouras permanentes das mesorregiões do Estado de Pernambuco entre 2000-2018



Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE (2019).

Na Figura 4, observa-se que o Rio São Francisco tem papel relevante na produção agrícola da mesorregião do Sertão do São Francisco. Entre 2000 e 2018, a região apresentou uma taxa de crescimento nominal da produção das lavouras permanentes de 927,53%, enquanto o Sertão Pernambucano e o Agreste obtiveram um crescimento de 355,21% e 392,76%, respectivamente.

Portanto, a oferta de recursos hídricos impacta fortemente na elevação da produtividade agrícola do semiárido pernambucano, reforçando a importância da transposição do Rio São Francisco para o crescimento econômico da região.

2.1.6. Política de enfrentamento às mudanças climáticas do Estado de Pernambuco

O Governo do Estado criou em 2008 um Comitê Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas, através do Decreto nº 33.501, para com o apoio de pesquisadores

e cientistas de diversos centros estaduais, nacionais e internacionais, realizarem o monitoramento climático e seus efeitos sobre o território de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2011).

As mudanças climáticas incidem principalmente no semiárido pernambucano, onde os recursos naturais sofrem grande pressão antrópica. Os principais problemas ambientais dessa região estão associados a degradação ambiental, desertificação, déficit hídrico permanente e estiagem prolongada. Portanto, apresenta forte vulnerabilidade as alterações climáticas, com elevado impacto socioeconômico (PERNAMBUCO, 2011).

De acordo com o Plano Estadual de Mudanças Climáticas (2011), sem ação institucional e políticas públicas de enfrentamento as mudanças climáticas, pode ocorrer uma quebra de estabilidade ambiental, que afetaria diretamente o ecossistema e meio ambiente do território pernambucano.

Diante desse contexto, o aparelho estatal elaborou além da Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas (Lei Estadual nº 14.258/2010), Política Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (Lei Estadual nº 14.091/2010) e Política Florestal de Pernambuco (Lei Estadual nº 11.026/1995), que são os principais instrumentos legais de atuação do Governo do Estado às mudanças climáticas e ambientais no território estadual, sobretudo nas áreas áridas e semiáridas do estado.

As políticas públicas ambientais do Estado de Pernambuco priorizam mecanismos de gestão ambiental integrada⁸, respectivamente, o controle ambiental, educação ambiental, monitoramento ambiental, pesquisa e tecnologia ambiental e instrumentos econômicos para gestão ambiental. Além disso, a resposta do poder público às mudanças climáticas ocorre em consonância com a dos níveis nacional, regional e internacional, considerando aspectos socioeconômicos, setoriais e vulnerabilidades do território estadual (PERNAMBUCO, 2011).

Segundo o Plano Estadual de Mudanças Climáticas (2011) a Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas de Pernambuco tem como finalidade garantir à população aumento de resiliência à variabilidade e às mudanças climáticas em curso, assim como contribuir com a redução da poluição⁹. Portanto, o Plano Estadual de

⁸A gestão ambiental integrada atua com políticas públicas no processo de desertificação, mudanças climáticas, resíduos sólidos, gerenciamento costeiro e gestão florestal.

⁹Para atuar no enfrentamento às mudanças climáticas, o Governo de Pernambuco definiu os seguintes instrumentos: Plano Estadual de Mudanças Climáticas; Instrumentos de Informação e

Mudanças Climáticas (2011), elaborado pelo Governo de Pernambuco, corresponde a um avanço institucional de enfrentamento aos problemas que afetam o meio ambiente, por conseguinte, a oferta de recursos naturais para a atividade humana e econômica na maior parte dos municípios do estado.

2.2. CRESCIMENTO ECONÔMICO E RECURSOS NATURAIS

2.2.1. Teoria neoclássica do crescimento econômico

A teoria neoclássica emerge com uma importante contribuição de Robert Solow (1956;1957) ao crescimento econômico. Este teórico desenvolveu um modelo de crescimento que permite estimar a renda per capita das economias a partir de uma função de produção do tipo Cobb-Douglas, com retornos constantes de escala, para descrever o aumento da acumulação dos fatores de produção, respectivamente, capital físico (K) e trabalho (L), multiplicados por uma escalar tecnológica (A). A função de produção neoclássica pode ser expressa da seguinte forma:

$$Y_t = K_t^\alpha [A_t L_t]^{1-\alpha}, \text{ em que } 0 < \alpha < 1 \quad (1)$$

No modelo tem-se que α e $(1 - \alpha)$ são elasticidades do produto (Y) em relação aos insumos de produção, enquanto a escalar tecnológica é exógena as escolhas dos agentes econômicas. Portanto, choques externos de tecnologia expandem a configuração dos fatores da produção agregada no estado estacionário. O progresso tecnológico também chamado de resíduo de Solow, corresponde a maior parte da explicação do crescimento das economias, devido a um conjunto de fatores não incorporados ao modelo de crescimento. Portanto, é relevante descrever o progresso tecnológico (ABRAMOVITZ, 1986).

O modelo de Solow foi aperfeiçoado por outros teóricos neoclássicos, através da exploração do resíduo. Foi assim que emergiu a corrente teórica do crescimento econômico endógena, incorporando novos fatores também responsáveis por determinar o desenvolvimento das economias.

Buscando uma nova concepção acerca da evolução das economias no longo prazo, Lucas (1988) influenciado pela teoria do capital humano de Becker (1964), realizou importantes modificações no modelo de Solow (1956). Segundo Marinho e Silva (2009) a ideia central incorporada nos modelos de crescimento endógeno está relacionada a superação dos rendimentos decrescentes no processo de produção agregada, tendo em vista as externalidades geradas pela atuação individual das firmas, que produzem rendimentos crescentes (ROMER, 1990). Ao incorporar o capital humano na função de produção agregada busca-se obter este efeito positivo na dinâmica do progresso econômico (FIRME e FREGUGLIA, 2013).

Deste modo, o capital humano passa a ser considerado como o motor do crescimento econômico, partindo-se da dinâmica de que o trabalhador empreende seu tempo em educação, capacitação profissional e ampliação das suas habilidades técnicas, formando o estoque de capital humano da economia (LUCAS, 1988). Assim, a acumulação de capital reprodutível passa a incluir a função de acumulação de capital humano ($\dot{h}$).

$$\dot{h}(t) = h(t)^{\xi} G[1 - u(t)] \quad (2)$$

Em que $\dot{h}(t)$ representa a taxa acumulação de capital humano no tempo t , determinada por $h(t)$, o nível já alcançado de capital humano, e por $G[1 - u(t)]$, a dedicação dos agentes a obtenção de mais qualificação técnica (educação). Nesse sentido, a dedicação dos indivíduos racionais é composta de um *trade-off* entre lazer $u(t)$ e esforço para absorção de mais conhecimento, qualificação e capacitação. Dessa maneira, quanto menor for o tempo dedicado ao lazer $u(t)$ maior a acumulação de capital humano da economia $\dot{h}(t)$ (SOUZA SÁ et al., 2019).

Tanto o efeito interno do capital humano através da habilidade individual h quanto pelo efeito externo, por meio da elevação do nível de capital humano h_a ¹⁰, afetam a produtividade dos demais fatores de produção da economia. Assim, substituindo h e h_a na função de Solow obtém-se a função de produção com capital humano de Lucas (1988), que pode ser descrita por:

$$Y(t) = AK(t)^{\beta} [u(t)N(t)h(t)]^{1-\beta} h_a(t)^{\mu} \quad (3)$$

¹⁰ O nível médio de capital humano é dado por: $h_a = \frac{\int_0^{\infty} hN(h)dh}{\int_0^{\infty} N(h)dh}$

Tem-se, então, que $h_a(t)^\mu$ representa a captura das externalidades do capital humano, enquanto $[1 - u(h)]$ corresponde à dedicação, isto é, acumulação de capital humano. Assim, considera-se que o progresso tecnológico esteja incorporado ao crescimento do estoque de capital humano $\dot{h}(t)$ que, por sua vez, é determinado em função de $h(t)$ e pelo tempo dedicado.

De um ponto de vista complementar, Romer (1990) parte das premissas de que o progresso tecnológico é o motor do crescimento econômico e incentivador da acumulação continuada do capital. O progresso técnico resulta dos investimentos em inovações realizadas pelas firmas, cujo estímulo de mercado se dá sob as condições de não rivalidade e quase exclusividade dos bens de capital.

No modelo de Romer (1990) o estoque de capital humano de uma economia é alocado para a produção de bens manufaturados, através da força de trabalho ou de inovações, por meio de pesquisa e desenvolvimento (P&D).

Destarte, somente economias que distribuem o estoque de trabalho para produção de bens manufaturados e tecnologia são capazes de inovar e monopolizar os lucros gerados pela produção dos novos bens temporariamente, ou seja, até que ocorra a difusão tecnológica. Assim, o progresso tecnológico deve ser compreendido como quaisquer transformações no processo de produção que gerem ganhos de eficiência e produtividade, através da melhor combinação de insumos no processo de criação de novos bens para o mercado capitalista (ROMER, 1990).

Desse modo, o capital humano pode ser definido como o acúmulo de conhecimentos proporcionados pelos anos de educação formal e capacitação profissional dos trabalhadores, sendo representado da seguinte forma:

$$Y(H_y, L, x) = H_y^\alpha L^\beta \int_0^\infty x_{(i)}^{1-\alpha-\beta} di \quad (4)$$

Sendo que $x(i)$ indica o i -ésimo insumo de capital físico, enquanto L e H_y são os estoques de trabalho e capital humano presentes na economia. Portanto, o crescimento econômico originário do progresso tecnológico pode ser determinado pela quantidade de trabalho alocado em atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), onde o capital humano representa o determinante do progresso tecnológico e inovação da economia (SOUZA SÁ et al., 2019).

2.2.2. Modelo de crescimento econômico com recursos naturais

O modelo econômico assume que a firma otimiza o uso dos recursos naturais na produção, tendo em vista a importância da agropecuária e dos recursos hídricos na produção agregada. Dessa forma, a função de produção agregada pode ser descrita como segue:

$$Y_t = AK_t^\alpha R_t^\beta (v_t h_t L_t)^{1-\alpha-\beta} \quad 0 < \alpha, \beta < 1 \quad (5)$$

Onde Y_t é o produto, A é o nível da tecnologia, K_t é o estoque de capital físico, R_t é o estoque de recursos naturais, v_t denota a fração do tempo que as famílias gastam entre trabalho e lazer, h_t medida da qualidade média dos trabalhadores e L_t é o estoque de trabalho. Assim, vhL corresponde a unidade efetiva de trabalho empregada na produção agregada, assim como apresentado em Asteriou e Agiomirgianakis (2001).

As firmas maximizam lucro quando o preço dos fatores (r, p, w) são iguais ao produto marginal dos fatores de produção (K, R e vhL).

$$r = \alpha \frac{Y}{K}$$

$$p = \beta \frac{Y}{R}$$

$$w = (1 - \alpha - \beta) \frac{Y}{v_t h_t L_t} \quad (6)$$

De acordo com a função de utilidade intertemporal entre trabalho, lazer, e formação profissional, o indivíduo maximiza sua utilidade com a escolha da cesta de consumo mais altamente ordenada do seu conjunto factível. As despesas com educação, constituem o investimento em capital humano (BECKER et al., 1990).

$$U_{i,t} = \sum_{t=0}^T e^{-\rho t} \left[\frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} + n_i(1 - v_t) \right] \quad (7)$$

A utilidade deriva do consumo de um bem composto que é dada pela elasticidade intertemporal constante de substituição C_t , correspondente ao consumo do bem composto e $(1 - v_t)$ denota o tempo que os indivíduos gastam em educação.

A maximização da função de bem-estar é sujeita a uma restrição de acumulação de capital físico ($\dot{K}_t$), capital humano ($\dot{h}_t$) e dos recursos naturais ($\dot{R}_t$):

$$\dot{K}_t = AK_t^\alpha R_t^\beta (v_t h_t L_t)^{1-\alpha-\beta} - C_t \quad (8)$$

$$\dot{h}_t = \phi h_t(1 - v_t)n_i - x p_x n_t \quad (9)$$

$$\dot{R}_t = f(R_t)R_t - E_t, R_0 > 0 \quad (10)$$

Em que ϕ é o parâmetro de produtividade média dos indivíduos estudando; x , é o nível de entrada de escolaridade adquiridos e p_x o preço por unidade do bem x .

Entende-se que a acumulação dos recursos naturais ($\dot{R}_t$) obedeça à lei do movimento dos recursos renováveis (SMULDERS, 1999; CHAMBERS e GUO, 2009)¹¹. Dessa forma, $f(R_t)$ é uma função crescente de regeneração dos recursos naturais, e $f(R_t)R_t$ a capacidade de absorção do ambiente. Segundo Smulders (1999) E_t representa a extração de recursos naturais e a disposição de resíduos (poluição) que inibem a oferta de recursos naturais.

Tem-se, então, que os indivíduos escolhem um fluxo de consumo C_t , cuja proporção de tempo que irão gastar trabalhando v e estudando $(1 - v)$, estão sujeitos às restrições (8), (9) e (10). O lagrangiano é dado por:

$$\begin{aligned} U_{i,t} = & \sum_{t=0}^T e^{-pt} \left[\frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} + n_i(1 - v_t) \right] \\ & + \lambda_{1,t} (AK_t^\alpha R_t^\beta (v_t h_t L_t)^{1-\alpha-\beta} - C - K_{t+1} + K_t) \\ & + \lambda_{2,t} (\phi h_t (1 - v_t) n_i - x p_x n - h_{t+1} + h_t) \\ & + \lambda_{3,t} (f(R_t)R_t - E_t - R_{t+1} + R_t) \end{aligned} \quad (11)$$

2.2.3. Modelo de crescimento econômico com restrição de recursos naturais

O modelo de crescimento econômico com restrição de recursos naturais finitos (terras agrícolas) e recursos naturais não renováveis aponta para uma redução da taxa de crescimento da economia no longo prazo (HRYSHKO, 2010). Nesse sentido, Nordhaus (1992) expande o modelo de Solow (1956) ao incluir os recursos naturais como fatores adicionais do processo produtivo, concatenados ao estoque de capital físico e força de trabalho da economia. Este modelo teórico aponta para uma relação direta entre a oferta de recursos naturais e o crescimento econômico.

O modelo de Nordhaus (1992) tem a finalidade de analisar o crescimento da renda per capita com terras fixas e recursos naturais declinantes. Nessas condições, a

¹¹Segundo Chambers e Guo (2009) também pode se considerar a formulação em que apenas os recursos naturais não utilizados podem se regenerar. Neste caso, a equação de acumulação de recursos naturais (6) poderia ser expressa por $\dot{R}_t = \theta R_t - (1 + \theta)E_t$.

evolução da produção per capita ocorreria somente quando o progresso tecnológico fosse suficientemente grande para compensar a escassez ou restrição dos recursos naturais finitos (GYLFASON e ZOEGA, 2006).

Segundo Nordhaus (1992) a relação entre recursos naturais e progresso econômico pode ser analisada a partir de uma função de produção agregada com retornos constantes de escala em K , T e L , da seguinte forma:

$$Y = AK^\alpha T^\beta L^{1-\alpha-\beta}, \text{ em que } 0 < \beta < 1 \text{ e } \alpha + \beta < 1 \quad (12)$$

Em que T é uma quantidade fixa de recursos naturais. O modelo com recursos naturais finitos apresenta uma trajetória de crescimento equilibrada, com taxa de crescimento iguais entre produto e estoque de capital ($gY = gK$). Assim, dividindo a função de produção por Y^α , encontra-se as seguintes equações:

$$Y^{1-\alpha} = A \left(\frac{K}{Y} \right)^\alpha T^\beta L^{1-\alpha-\beta}$$

$$Y = A^{\frac{1}{1-\alpha}} \left(\frac{K}{Y} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} T^{\frac{\beta}{1-\alpha}} L^{\frac{1-\alpha-\beta}{1-\alpha}} \quad (13)$$

Como T é constante em trajetória de crescimento equilibrada, a produção agregada cresce a uma taxa de $gY = \frac{gA}{1-\alpha} + \left(1 - \frac{\beta}{1-\alpha} \right) n$. Deste modo, a taxa de crescimento do produto por trabalhador é dada por:

$$gy = gY - n = \frac{gA}{1-\alpha} - \frac{\beta}{1-\alpha} n = g - \bar{\beta} n, \text{ onde } g \equiv \frac{gA}{1-\alpha} \text{ e } \bar{\beta} \equiv \frac{\beta}{1-\alpha}. \quad (14)$$

Pode se concluir, a partir da equação (14), primeiramente, que o crescimento econômico depende da taxa de crescimento populacional (n) e do peso atribuído ao estoque de recursos naturais (terras agrícolas ou recursos finitos) determinado pela elasticidade (β), que denota um acirramento entre o progresso tecnológico e os retornos decrescentes, em virtude do estoque limitado de capital natural. Em segundo lugar, na ausência de progresso tecnológico (g), o aumento da produção por trabalhador torna-se negativo e se aproxima de zero no longo prazo. Em terceiro lugar, quanto maior for a participação dos recursos naturais finitos na produção, menor é o crescimento de longo prazo da economia, devido ao retorno decrescente do capital físico e da força de trabalho (NORDHAUS, 1992; HRYSHKO, 2010).

Nessa perspectiva, Sultana et al. (2019) apresenta uma ampliação para o modelo de Nordhaus(1992) ao considerar a importância da produção do setor primário (agricultura) e do capital humano na renda per capita, incorporando as contribuições de Lucas (1988) e Romer (1990). Desta forma, a função de produção do modelo com restrição de recursos naturais pode ser reformatada para:

$$Y = K^\alpha AgR^\beta HL^\gamma \quad (15)$$

Em que AgR corresponde a terras agrícolas aumentadas pelo índice de produtividade agrícola e HL mão de obra aumentada pelo índice de capital humano. O modelo, ainda, considera que AgR é composto por $(\varepsilon, s \text{ e } \lambda)$, respectivamente, ε índice de produtividade agrícola, s parcela de terras agrícolas e λ o total de terras. Diante disso, ainda, assume-se que a soma dos termos α , β e γ são iguais a 1.

Derivando a equação (15) obtém-se o crescimento da renda per capita:

$$\dot{y} = \alpha \dot{K} + \gamma \dot{H}L + (1 - \alpha - \gamma)(\dot{\varepsilon} + \dot{s} + \lambda) - n \quad (16)$$

A rigor, observa-se que a função de produção, também, apresenta uma trajetória de crescimento equilibrado em que $\dot{Y} = \dot{K}$. Dessa forma, para que a evolução do produto por trabalhador permaneça positiva é necessário que as condições a seguir sejam atendidas, conforme Sultana et al. (2019).

$$\begin{aligned} \left(\frac{\gamma}{1-\alpha}\right)(\dot{H}L) &> \left(1 - \frac{\gamma}{1-\alpha}\right)(\dot{\varepsilon} + \dot{s} + \lambda) + n \quad \text{se } \dot{s} [0 \text{ e } |\dot{s}|](\dot{\varepsilon} + \lambda) \\ \left(\frac{\gamma}{1-\alpha}\right)\dot{H} + \frac{\dot{\varepsilon}}{1-\alpha} &> \left(1 - \frac{\gamma}{1-\alpha}\right)(\dot{s} + \lambda + n) [\dot{H}L = \dot{H} \text{ e } \dot{L} = n] \\ \left(\frac{\gamma}{1-\alpha}\right)(\dot{H}) &> \left(1 - \frac{\gamma}{1-\alpha}\right)(\dot{s} - \dot{\varepsilon} + \lambda + n) \end{aligned} \quad (17)$$

Conclui-se, a partir da equação (17) que quanto maior o estoque de capital físico (α) maior é a participação desse insumo em relação aos demais. Além disso, mesmo que sua produtividade marginal venha a ser igual a zero, ainda assim é possível que o produto por trabalhador tenha crescimento ascendente desde que $\gamma\dot{H} > (1 - \gamma)(\dot{s} - \dot{\varepsilon} + \lambda + n)$. Por outro lado, quando maior o efeito negativo do crescimento populacional maior é a parcela de terras agrícolas utilizadas no processo produtivo (KARRAS, 2010). Contudo, ao considerar o capital humano e a produção agrícola este efeito se torna nulo. Por último, observa-se que com o efeito do índice de produção agrícola superior ao

declínio das terras agrícolas (recursos naturais finitos) e da taxa de crescimento populacional, não há um grande efeito sobre o aumento da renda per capita da economia (SULTANA et al., 2019; NORDHAUS, 1992; KRYSHKO, 2010).

Rearranjando a equação (17) para o estado estacionário da economia $\dot{k} = 0$, é possível observar que $\dot{y}$ é sempre superior a zero, quando γ e $\beta > 0$ e $\dot{y} > 0$, mesmo quando $\beta < 0$, desde que $(\dot{s} + n) > \varepsilon$ (SULTANA et al., 2019).

$$\frac{\gamma}{\beta} > \frac{\dot{s} - \varepsilon + \lambda + n}{H} \quad (18)$$

A equação (18) explica a importância do capital humano desconsiderada no modelo original de Nordhaus (1992). Atesta-se, ainda, que quanto maior for o efeito do capital humano (H) menor será o impacto da restrição de recursos naturais sobre o produto per capita. Por outro lado, quanto maior a participação do capital físico e do trabalho, maiores serão os efeitos declinantes sobre a renda per capita da economia ao longo do tempo (SULTANA et al., 2019).

Nesse sentido, ao estimar esse modelo para o país de Bangladesh, no Sul da Ásia, no período de 1972 a 2014, Sultana et al. (2019) observou que à sustentação do crescimento econômico no estado estacionário e no longo prazo, o aparelho estatal deve incentivar investimentos em capital humano, produtividade agrícola e capital físico. Os resultados também demonstraram um forte impacto da produção agrícola sobre o produto da economia, entretanto, o aumento veio acompanhado de uma redução no estoque de recursos naturais finitos (terras agrícolas).

2.2.4. Modelo de crescimento econômico com recursos naturais e tecnologia

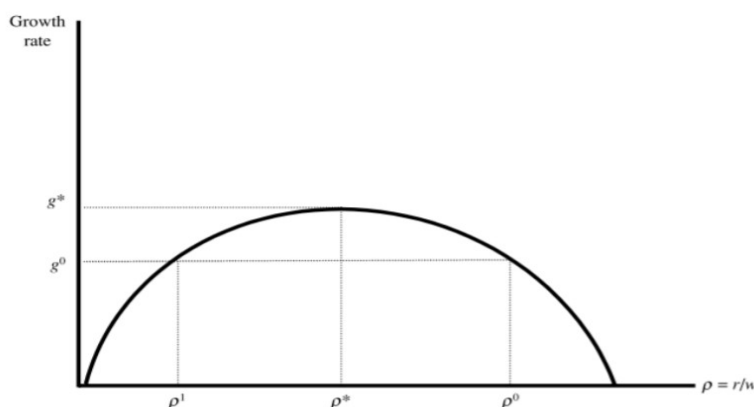
Uma importante restrição relacionada aos recursos naturais, com capacidade de afetar adversamente o crescimento econômico, trata-se da escassez de recursos hidrológicos. A água possui importância fundamental para atividade humana, sobretudo para produção agropecuária. Este processo está fortemente associado às mudanças climáticas, provenientes da poluição industrial e degradação ambiental (VÖRÖSMARTY et al., 2000).

Os recursos hidrológicos são bens econômicos não excludentes, originários da natureza e controlados ou fornecidos para os diversos agentes da economia. Apesar do

amparo legal¹², recorrentemente água encontra-se com seu uso limitado ou restringido aos agentes econômicos (BARRO, 1990; BARRO e SALA-I-MARTIN, 1992). A escassez de recursos hídricos na economia pode estar associada a falta de infraestrutura do governo para explorar os recursos acessíveis, isso pode restringir de forma absoluta a disponibilidade do insumo. Além disso, condições geográficas difíceis também podem inibir a oferta de água na economia. Na ausência dessas condições estranguladoras de oferta e acesso à água, a relação entre taxa de recursos hídricos e crescimento econômico se torna uma relação côncava ou na forma de U invertido (BARBIER, 2004).

Segundo Hertel e Liu (2019) o modelo de crescimento com recursos hídricos de Barbier (2004), explica que os recursos dedicados à obtenção de água não podem ser usados para acumulação de capital produtivo (capital físico e capital humano), o que leva a surgir uma relação em formato de U invertido entre obtenção de água e o crescimento econômico (Figura 5). No eixo horizontal, apresenta-se a taxa de utilização de água em relação a sua disponibilidade total na economia, por outro lado, no eixo vertical está a taxa de crescimento da economia.

Figura 5 – Taxa ótima de utilização dos recursos hídricos



Fonte: Reprodução de Barbier (2004).

Nesse contexto, as economias que estão do lado esquerdo do gráfico da Figura 5 se beneficiam de investimentos públicos em infraestrutura hídrica e maximizam o seu progresso econômico. Contudo, as que se encontram à direita dependem de grande

¹² Segundo a Constituição Federal e Código Civil os bens públicos são aqueles que pertencem às pessoas jurídicas de direito público, sendo os demais bens particulares. Nesse sentido, os bens públicos são aqueles de uso comum da população, tais como os recursos naturais (rios, mares e terras) (BRASIL, 1988, 2002). Contudo, Mankiw (2005) explica que os bens públicos não são aqueles de domínio público e sim aqueles que possuem duas características: não são rivais e nem excludentes.

quantidade de recursos financeiros para obtenção de recursos hídricos, em virtude da baixa oferta de água ou pela intensidade de uso do insumo, sendo esta a situação das economias que possuem baixo estoque de capital físico e humano (BARBIER, 2004; HERTEL e LIU, 2019). Nesse panorama, o modelo de Barbier (2004) pode ser expresso por uma função de produção da seguinte forma:

$$y_i = Ak_i f(r/y) \text{ com } f' > 0 \text{ e } f'' < 0 \quad (19)$$

Em que y_i representa a produção per capita do i -ésimo produtor; r corresponde a oferta ou uso per capita da água; k_i estoque de capital per capita disponível ao produtor e ($A > 0$) é um parâmetro que reflete o nível de tecnologia da economia. Entretanto, devido à grande procura pela água, o fluxo de recursos hídricos disponível para o i -ésimo produtor é necessariamente limitado pelo uso de água por todos os produtores da economia.

Denota-se a produção agregada per capita de todos os n produtores da economia como ($y = ny_i$), assim a utilização (oferta) da água (r) deve aumentar em relação a (y) para expandir a água disponível para o i -ésimo produtor. Por outro lado, um aumento na produção per capita em relação à utilização do estoque de água da economia reduz o recurso hídrico disponível para cada produtor e, portanto, reduz a produção¹³ (BARBIER, 2004).

A constatação de Barbier (2004) ao estimar este modelo de crescimento econômico com recursos hídricos para 163 economias do mundo foi de que existe uma relação côncava entre recursos hídricos e crescimento econômico. Seus resultados ainda evidenciam que um aumento de 10% na taxa de utilização de água poderia aumentar a taxa média de crescimento dos países de 1,3% para 1,33%. Além disso, cerca de 10% dos países analisados enfrentam condições extremas de escassez de água, sugerindo os resultados que essas economias são afetadas adversamente pela baixa oferta de recursos naturais (HERTEL e LIU, 2019).

Partindo do modelo de Barbier (2004) e incluindo os recursos hídricos como insumo (W) em uma função de produção agregada (y), determinada por recursos naturais e capital reprodutível (K) dado pela soma de capital físico com capital humano ($k + h$), tem-se: $y = f(K, W)$. Por simplificação, considera-se a elasticidade de substituição dos fatores de produção constante (σ) (HERTEL e LIU, 2019).

¹³ Ver modelo completo de Barbier (2004) no artigo “*Water and Economic Growth*”.

Segundo Hertel e Liu (2019) na medida em que os agentes econômicos acumulam capital, a relação $\frac{K}{W}$ aumenta, levando a economia a apresentar uma escassez relativa dos recursos naturais, dado o estoque limitado de água restrito ao ciclo hidrológico. Deste modo, nessa economia, a substituição (σ) dos fatores é desfavorável para o crescimento econômico de longo prazo.

Uma maneira para evitar esse efeito adverso é os agentes econômicos obterem vantagens do capital abundante, e converterem investimento em tecnologia, pesquisa e desenvolvimento (P&D) ou em reúso dos recursos naturais (ROMER, 1990). Assim, caso essas tecnologias e inovações sejam suficientemente eficientes (NORDHAUS, 1992), então, a economia cresce em ritmo acelerado – este é o indicativo de uma economia com uma elevada taxa de substituição técnica dos fatores de produção (σ).

De outro modo, mesmo que ($\sigma > 1$), havendo ausência de transformações tecnológicas que reduzam o consumo dos recursos hidrológicos, a participação da água no produto agregado tende a diminuir ao longo do tempo, à medida que a economia substitui capital por este recurso escasso, devido sua ausência ou elevação do seu custo no mercado (ROMER, 1990; SMULDERS e NOOIJ, 2003; HERTEL e LIU, 2019).

2.2.5. Modelo de Solow ampliado com capital humano e recursos naturais

O modelo de crescimento econômico com recursos naturais construindo nessa pesquisa se inspira nos trabalhos de Solow (1956;1957), Lucas (1988), Romer (1990), Mankiw et al. (1992), Nordhaus (1992), Asteriou e Agiomirgianakis (2001), Barbier (2004) e Sultana et al. (2019).

A vantagem do modelo proposto nesse estudo é captar o efeito da agricultura e dos recursos hídricos no crescimento do produto agregado per capita de economias com extenso território árido e semiárido, que possuem elevada restrição de recursos naturais, em virtude dos aspectos climáticos e geográficos, que reduzem o potencial de crescimento econômico (BARBIER, 2004).

Este modelo com recursos naturais apresenta-se como uma contribuição ao modelo de Solow na teoria do crescimento econômico, voltado para economias de regiões áridas e semiáridas. O modelo de Mankiw et al. (1992) com capital humano, mostra-se relevante para explicar a produção agregada dos países, mas por não ser sua finalidade negligência a importância dos recursos naturais entre os fatores econômicos.

Deste modo, inspirado em Mankiw et al. (1992), Nordhaus (1992) e Sultana et al. (2019) o modelo de Solow com recursos naturais considera uma economia fechada que possui apenas um setor de produção, que usa capital físico, capital humano, trabalho e recursos naturais como os principais fatores de produção. Nota-se, ainda, que os recursos naturais dessa economia correspondem a terra e água (agricultura e recursos hídricos)¹⁴, enquanto o capital humano continua sendo as habilidades e conhecimentos de cada trabalhador.

O modelo é uma extensão de Mankiw et al. (1992) e, portanto, assume como hipótese retornos constantes de escala com rendimentos decrescentes do estoque de capital reprodutível. Deste modo, a intenção desse modelo de crescimento é enfatizar a importância dos recursos naturais para o progresso econômico em economias com regiões semiáridas em seu território. Assim, a função de produção do modelo de Solow com recursos naturais é expressa da seguinte forma:

$$Y = K^\alpha H^\beta R^\varphi W^\theta (AL)^{1-\alpha-\beta-\varphi-\theta}, \text{ em que } 0 < \alpha, \beta, \theta, \varphi < 1 \quad (20)$$

Em que a evolução dos fatores de produção ocorre a uma taxa constante e exógena de progresso tecnológico g e crescimento populacional n : $A = A_0 e^{gt}$ e $L = L_0 e^{nt}$; Y é a produção agregada da economia, K capital físico, H capital humano, R agricultura, W recursos hídricos, A tecnologia e L força de trabalho. Os parâmetros α , β , φ e θ e $(1 - \alpha - \beta - \varphi - \theta)$ se referem a participação dos fatores reprodutíveis da função de produção com rendimentos constantes de escala¹⁵. Reescrevendo o modelo em termos de produto por unidade efetiva de trabalho¹⁶ obtém-se:

$$\frac{\dot{k}}{k} = s_K k^{\alpha-1} h^\beta r^\varphi w^\theta - (n + g + \delta) \quad (21.1)$$

$$\frac{\dot{h}}{h} = s_H k^\alpha h^{\beta-1} r^\varphi w^\theta - (n + g + \delta) \quad (21.2)$$

$$\frac{\dot{r}}{r} = s_R k^\alpha h^\beta r^{\varphi-1} w^\theta - (n + g + \delta) \quad (21.3)$$

¹⁴ Os recursos naturais são definidos como bens econômicos não excludentes, enquanto o capital humano é considerado um ativo exclusivo e competitivo da economia (DESTINOBLÉS, 2000).

¹⁵ Segundo Nordhaus (1992) a função de produção Cobb-Douglas apresenta rendimentos constantes de escala, onde $\alpha, \beta, \varphi, \theta > 0$ e $0 < \alpha + \beta + \varphi + \theta < 1$.

¹⁶ Expressa-se o produto por unidade efetiva de trabalho $y = Y/AL$, capital físico por unidade efetiva de trabalho $k = K/AL$, capital humano por unidade efetiva de trabalho $h = H/AL$, agricultura por unidade efetiva de trabalho $r = R/AL$ e recursos hídricos por unidade efetiva de trabalho $w = W/AL$.

$$\frac{\dot{w}}{w} = s_W k^\alpha h^\beta r^\varphi w^{\theta-1} - (n + g + \delta) \quad (21.4)$$

O parâmetro s_K mede a fração da renda investida em capital físico, s_H fração da renda investida em capital humano, s_R fração da renda investida na produção agrícola e s_W fração da renda investida em recursos hídricos, enquanto $(n + g + \delta)$ representa o termo de depreciação do modelo de crescimento econômico em relação aos fatores de produção.

No estado estacionário, tem-se o estoque de capital físico, capital humano, agricultura e recursos hídricos de equilíbrio (k^*, h^*, r^*, w^*).

$$k^* = \left(\frac{s_K^{1-\beta-\varphi-\theta} s_H^\beta s_R^\varphi s_W^\theta}{n+g+\delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta-\varphi-\theta}} \quad (22.1)$$

$$h^* = \left(\frac{s_K^\alpha s_H^{1-\alpha-\varphi-\theta} s_R^\varphi s_W^\theta}{n+g+\delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta-\varphi-\theta}} \quad (22.2)$$

$$r^* = \left(\frac{s_K^\alpha s_H^\beta s_R^{1-\alpha-\beta-\theta} s_W^\theta}{n+g+\delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta-\varphi-\theta}} \quad (22.3)$$

$$w^* = \left(\frac{s_K^\alpha s_H^\beta s_R^\varphi s_W^{1-\alpha-\beta-\varphi}}{n+g+\delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta-\varphi-\theta}} \quad (22.4)$$

Tomando as equações de estado estacionário do capital físico, capital humano, agricultura e recursos hídricos e, posteriormente, substituindo as equações (22.1), (22.2), (22.3) e (22.4) na função de produção em unidades efetivas de trabalho [$y^* = k^\alpha h^\beta r^\varphi w^\theta$], obtém-se o produto per capita no equilíbrio estacionário (y^*):

$$y^* = \left[\frac{1}{n+g+\delta} \right]^{\frac{\alpha+\beta+\varphi+\theta}{1-\alpha-\beta-\varphi-\theta}} \left[s_K^\alpha s_H^\beta s_R^\varphi s_W^\theta \right]^{\frac{1}{1-\alpha-\beta-\varphi-\theta}} \quad (23)$$

Explicitando a escalar tecnológica (A) e aplicando logaritmo em ambos os lados da equação (23), rearranja-se o produto per capita da economia.

$$\ln y^* = \ln A_0 + gt - \left(\frac{\alpha+\beta+\varphi+\theta}{1-\alpha-\beta-\varphi-\theta} \right) \ln(n + g + \delta) + \left(\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta-\varphi-\theta} \right) \ln(s_K) + \left(\frac{\beta}{1-\alpha-\beta-\varphi-\theta} \right) \ln(s_H) + \left(\frac{\varphi}{1-\alpha-\beta-\varphi-\theta} \right) \ln(s_R) + \left(\frac{\theta}{1-\alpha-\beta-\varphi-\theta} \right) \ln(s_W) \quad (24)$$

Sendo que gt é a taxa de crescimento do progresso tecnológico. O termo A_0 representa os fatores que estão implícitos no modelo (fatores geográficos, institucionais,

dentre outros externos). Sendo assim, esse termo pode variar entre as economias, Mankiw et al. (1992) assume que:

$$\ln A_t = a + \varepsilon_t \varepsilon \quad (25)$$

Sendo que a é uma constante e $\varepsilon_t \varepsilon$ representa um distúrbio aleatório. Essa equação é utilizada para a estimação do modelo de Solow com recursos naturais para as economias desta pesquisa. Substituindo (25) em (24), encontra-se:

$$\begin{aligned} \ln y^* = & a + gt + \left(\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta-\varphi-\theta} \right) \ln(s_k) + \left(\frac{\beta}{1-\alpha-\beta-\varphi-\theta} \right) \ln(s_h) + \left(\frac{\varphi}{1-\alpha-\beta-\varphi-\theta} \right) \ln(s_r) + \\ & \left(\frac{\theta}{1-\alpha-\beta-\varphi-\theta} \right) \ln(s_w) - \left(\frac{\alpha+\beta+\varphi+\theta}{1-\alpha-\beta-\varphi-\theta} \right) \ln(n+g+\delta) + \varepsilon_t \varepsilon \end{aligned} \quad (26)$$

A equação (26) representa a variação da renda per capita no estado estacionário e é utilizada para as regressões nesse trabalho. Segundo Mankiw et al. (1992) essa equação com inclusão do capital humano responde por cerca de 80% da variação da renda per capita entre as economias. Com a inclusão dos recursos naturais, espera-se que esse percentual se eleve.

3. METODOLOGIA

Para estimar o efeito dos recursos naturais na produção agregada municipal e regional do Estado de Pernambuco é utilizado o modelo de crescimento econômico de Solow com recursos naturais. O objetivo é captar o efeito da dotação de recursos naturais no crescimento econômico dos municípios do Estado de Pernambuco, que em sua maioria estão localizados no semiárido, no período de 2000 a 2010.

O método empregado neste trabalho consiste em um levantamento dos dados empíricos, que são usados na análise descritiva da estrutura econômica, geográfica e ambiental do território estadual. A base de dados dos municípios do Estado de Pernambuco é composta por medidas aproximadas do nível de produto agregado, capital físico, capital humano, agricultura e recursos hídricos.

O efeito da oferta de recursos naturais sobre o produto per capita dos municípios é estimado usando uma modelagem com recursos naturais da teoria de crescimento econômico de Solow ampliado com capital humano. Com dados longitudinais dos municípios pernambucanos, utiliza-se o estimador de efeito aleatório com dados em

painel controlado por dummies regionais para captar o efeito da dotação de recursos naturais no produto per capita das mesorregiões do estado, sobretudo do Semiárido Pernambucano.

O uso de dados longitudinais corresponde a um conjunto de dados que segue uma dada amostra de indivíduos ao longo do tempo, fornecendo várias observações para cada indivíduo da amostra. Os modelos com dados em painel oferecem uma série de vantagens em relação aos modelos de corte transversal ou de séries temporais, entre elas, o controle da heterogeneidade presente nos indivíduos e o maior número de informações (WOOLDRIDGE, 2016).

A possibilidade de utilizar mais observações influencia no aumento do número de graus de liberdade e na diminuição da colinearidade entre as variáveis explicativas do modelo empírico (GUJARATI, 2011). Assim, devido os dados de corte longitudinal oferecem dados mais informativos, aumentam a eficiência do modelo, tornando-se mais apropriado a dinâmica das mudanças das variáveis ao longo do tempo (BALTAGI, 2001).

Apesar desses aspectos positivos, o modelo com dados em painel gera problemas de estimação e inferência, sendo comum, nesse tipo de abordagem econométrica, haver heterocedasticidade e autocorrelação dos resíduos. Contudo, esses problemas são tratados usando estimador com desvio padrão robusto (GUJARATI, 2011). Para a estimação da equação empírica neste trabalho são usados os estimadores de dados em painel de efeito fixo e efeito aleatório. O estimador mais consistente será definido através dos testes de Hausman, Breush-Pagan e Chow.

O teste de Hausman analisa se o melhor estimador para a equação empírica é o modelo de efeito fixo ou efeito aleatório, tendo como hipótese nula o modelo de efeito aleatório. No que tange aos estimadores, o efeito fixo considera que o intercepto pode variar entre os indivíduos em decorrência dos fatores invariantes do tempo, que são inerentes aos indivíduos do estudo. No efeito aleatório, as características dos indivíduos são variantes ao longo do tempo, ou seja, possuem um comportamento não sistemático, porém, não são correlacionadas com as variáveis explicativas do modelo (WOOLDRIDGE, 2016).

O teste de Chow compara a consistência do estimador com dados empilhados (pooled) em relação ao estimador de efeito fixo, verificando se ocorrem mudanças relevantes nas estimações. Deste modo, ocorrendo mudanças na estimação devido a heterogeneidade individual assumir natureza aleatória, testa-se a hipótese nula de

utilizar o modelo de efeito aleatório. Deve-se, ainda, observar se a variância dos erros é igual nas regressões dos períodos e se os termos de erro possuem distribuição não correlacionadas. O teste de Breush-Pagan verifica a consistência do estimador pooled em relação ao de efeito aleatório, tendo este como hipótese nula o modelo pooled (WOOLDRIDGE, 2016).

3.1. Modelo empírico

Considerando a natureza longitudinal dos dados do estudo de municípios (i) e no tempo (t), serão utilizados os estimadores dos dados em painel de efeito fixo e aleatório. Para identificar o estimador mais consistente são realizados os testes de Chow, Breush-Pagan e Hausman. Os referidos testes confirmarão se o melhor modelo de estimação é o Pooled, Efeito Fixo ou Efeito Aleatório.

A análise desse estudo é feita através dos seguintes modelos empíricos:

i. Equação do modelo de crescimento econômico de Solow simples:

$$\ln(y_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(s_{Kit}) - \beta_2 \ln(n_{it} + g_{it} + \delta_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (27)$$

ii. Equação do modelo de crescimento econômico de Solow com capital humano:

$$\ln(y_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(s_{Kit}) + \beta_2 \ln(s_{Hit}) - \beta_3 \ln(n_{it} + g_{it} + \delta_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (28)$$

iii. Equação do modelo de crescimento econômico de Solow com recursos naturais:

$$\ln(y_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(s_{Kit}) + \beta_2 \ln(s_{Hit}) + \beta_3 \ln(s_{Rit}) + \beta_4 \ln(s_{Wit}) - \beta_5 \ln(n_{it} + g_{it} + \delta_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (29)$$

Em que y é renda per capita; s_K capital físico; s_H capital humano; s_R agricultura; s_W recursos hídricos; n taxa de crescimento populacional; g progresso tecnológico; δ depreciação e ε distúrbio aleatório.

As equações empíricas são relevantes para comparar os efeitos dos fatores reprodutíveis de forma desagregada e agregada, conforme ampliou-se o modelo de crescimento econômico de Solow, principalmente com a inclusão dos recursos naturais, negligenciados por Mankiw et al. (1992). Nesse sentido, as equações serão usadas para

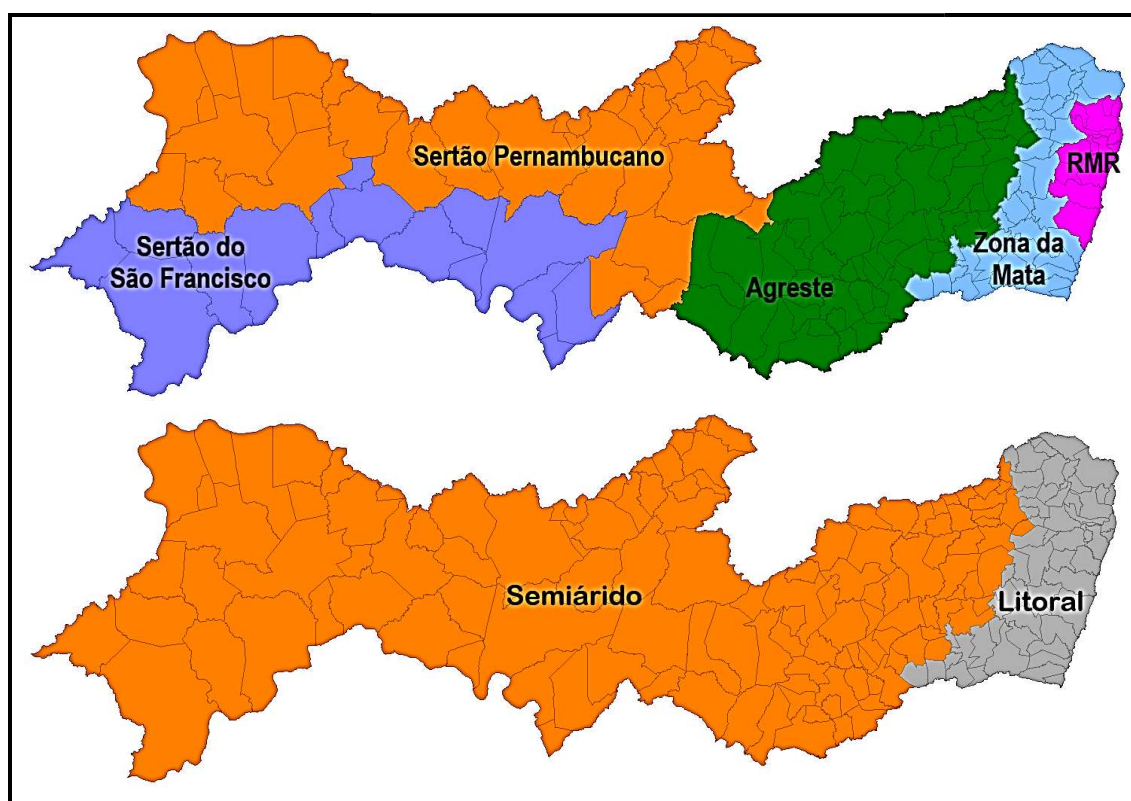
comparar o modelo de Solow simples (27) e aumentado com capital humano (28) em relação ao modelo de Solow com recursos naturais (29), verificando a importância de cada fator de produção no progresso econômico municipal e regional do Estado de Pernambuco.

3.2. Área de estudo, apresentação das variáveis e fonte dos dados

3.2.1. Delimitação da área de estudo

O Estado de Pernambuco se divide em cinco mesorregiões segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Na Figura 6, apresenta-se as mesorregiões do Sertão do São Francisco, Sertão Pernambucano, Agreste, Zona da Mata e Região Metropolitana do Recife (RMR). Nesse sentido, observa-se que as três primeiras mesorregiões correspondem a delimitação do Semiárido de Pernambuco, área de estudo deste trabalho (SUDENE, 2018).

Figura 6 – Delimitação das mesorregiões e do semiárido de Pernambuco



Fonte: Elaboração própria (2019) com uso do GeoDa.

O clima pernambucano é concentrado em semiárido e tropical úmido. Nesse sentido, as mesorregiões do Sertão do São Francisco, Sertão Pernambucano e grande parte do Agreste apresentam o clima semiárido, enquanto a porção meridional do Agreste, Zona da Mata e Região Metropolitana do Recife (RMR) possuem clima tropical úmido¹⁷ (MENDONÇA, 2016).

O Sertão do São Francisco possui uma área de 24.481,81 km², com população de 578.203 habitantes, sendo composta por 15 municípios (IBGE, 2010). A mesorregião é banhada pelo Rio São Francisco que favorece a produção do setor primária. A abundância de recursos hídricos permite que essa região do semiárido concentre sua produção na agricultura irrigada, com relevante participação na exportação de frutas no Estado de Pernambuco e no Brasil. No que tange aos aspectos geográficos, possui clima semiárido – com baixa umidade e pluviosidade –, além disso, nessa região predomina a vegetação da caatinga (SILVA, 2018).

O Sertão Pernambucano possui área de 37.949,42 km², com população de 996.830 habitantes, sendo composta por 41 municípios (IBGE, 2010). A região é margeada pela bacia hidrográfica do Rio Pajeú, e por um conjunto de mais de 60 afluentes (rios e riachos) e mais de 30 reservatórios (açudes e lagoas). Apesar das limitações climáticas, a região concentra sua atividade econômica na produção agrícola e na caprinovinocultura, setores de relevância social e econômica (MENDONÇA, 2016).

O Agreste possui área de 24.529,49 km², com população de 2.217.600 habitantes, sendo composta por 71 municípios (IBGE, 2010). A rede hidrográfica que banha a região é formada por rios perenes e intermitentes, sendo suas principais bacias hidrográficas os rios Capibaribe, Ipojuca, Una, Mundaú e Ipanema (SANTOS, 2016). A região tem sua economia concentrada no comércio e setor têxtil, além disso, tem sua produção econômica caracterizada pela exploração agrícola, pecuária e atividades do terceiro setor que refletem a dinâmica do seu território (MENDONÇA, 2016).

A Zona da Mata possui área de 8.400,14 km², com população de 1.310.638 habitantes, sendo composta por 43 municípios (IBGE, 2010). No que tange aos seus afluentes, os rios mais importantes são Ipanema, Ipojuca, Capibaribe e Una. A região

¹⁷Para os municípios serem incluídos no semiárido pernambucano, devem atender pelo menos um dos seguintes critérios: a) precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; b) índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50 e c) percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano. Por essa razão, considera-se a mesorregião do Agreste como parte totalizante do Semiárido de Pernambuco (SUDENE, 2018).

também apresenta precipitações pluviométricas elevadas quando comparada as demais mesorregiões de Pernambuco, condição que propicia o desenvolvimento da atividade rural, especialmente a produção canavieira (MENDONÇA, 2016). No aspecto econômico, a mesorregião tem se beneficiado fortemente da instalação de indústrias, assim como da produção pecuária e agroindustrial da cana-de-açúcar, possuindo uma grande quantidade de canaviais e engenhos (COSTA e LUDEMIR, 2005).

A Zona da Mata se localiza numa zona fisiográfica litoral-mata de Pernambuco, apresentando uma forte biodiversidade de recursos naturais e variabilidade climática. Nessa região, predomina o clima úmido e vegetação do tipo floresta tropical (MENDONÇA, 2016).

Por fim, a Região Metropolitana do Recife (RMR) possui área de 2.787,47 km², com população de 3.693.177, sendo composta por 15 municípios (IBGE, 2010). Em relação aos recursos hídricos, as bacias hidrográficas dos Rios Beberibe e Capibaribe são os principais fornecedores de água para os habitantes da região, sendo responsáveis pela distribuição de 43% da água potável que os municípios do Recife, São Lourenço da Mata, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes consomem (MOURA-JUNIOR et al., 2009).

Em termos econômicos, a Região Metropolitana é a mais desenvolvida do Estado de Pernambuco, tendo seu eixo de produção voltado para indústria, comércio e serviços. Além disso, o fluxo de produção capitalista concentra-se na região Portuária de Suape, onde ficam aglomeradas empresas de produção industrial, metalúrgica, química e petroquímica. O clima da mesorregião é tropical úmido, com temperatura média mensal de 19 °C, com elevada ocorrência de chuvas ao longo do ano (ANDRADE, 2007; MENDONÇA, 2016).

3.2.2. Apresentação das variáveis e fonte dos dados

A base de dados desse estudo compreende 173 municípios do Estado de Pernambuco para o período de 2000 e 2010, totalizando 346 observações. São removidos 12 municípios¹⁸ devido a limitação de não possuírem todas as informações necessárias para estimativas em painel com dados balanceado. Na Tabela 1, apresenta-

¹⁸ Os municípios removidos foram Angelim, Barreiros, Calumbi, Fernando de Noronha, Ilha de Itamaracá, Itambé, Jataubá, Manari, Primavera, Recife, Serra Talhada e Tracunhaém.

se as variáveis, definição, fonte dos dados e período dos dados usados à estimação do modelo empírico.

Os dados utilizados nesse trabalho são oriundos de órgãos oficiais como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEADa), Banco de Dados do Estado (BDE) de Pernambuco, Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), Secretaria do Tesouro Nacional (STN), Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC). Todas as variáveis monetárias são deflacionadas pelo deflator implícito do Produto Interno Bruto (PIB) com ano base em 2000.

Tabela 1: Síntese das variáveis do modelo empírico

Variáveis	Definição	Fonte	Período
y_{it}	O produto per capita terá como proxy o PIB per capita municipal a preços de 2000.	IBGE	2000-2010
s_{Kit}	O investimento em capital físico terá como proxy a despesa com investimento público municipal a preços de 2000.	IPEA/STN	2000-2010
s_{Hit}	O investimento em capital humano será captado através da proxy do nível de ensino completo com vínculo ativo na base de dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS).	RAIS	2000-2010
s_{Rit}	O investimento em agricultura será captado através da proxy de área plantada ou destinada a colheita municipal das culturas temporárias e permanentes.	IBGE	2000-2010
s_{Wit}	O investimento em recursos hídricos será captado através da proxy de pluviometria média anual.	APAC	2015-2016
n_{it}	A taxa de crescimento populacional foi captada pela população total municipal.	IBGE	2000-2010
$g_{it} + \delta_{it}$	Para a taxa de progresso tecnológico e depreciação foi considerado o valor de (0.05).	Mankiw et al. (1992)	2000-2010

Fonte: Elaboração própria (2019).

A variável dependente desse trabalho é o PIB per capita (y_{it}) para os municípios do Estado de Pernambuco. O investimento em capital físico (s_{Kit}) foi captado através da *proxie* de investimento público municipal (KROTH e DIAS, 2012). O investimento em capital humano (s_{Hit}) teve como *proxie* o nível de ensino completo com vínculo ativo (GONÇALVES et al., 2011). O investimento em agricultura (s_{Rit}) teve como *proxie* área plantada ou destinada a colheita municipal de culturas temporárias e permanentes (NORDHAUS, 1992; CASONATO, 2013). O investimento em recursos

hídricos (s_{Wit}) foi incorporado através da *proxie* de pluviometria média anual dos municípios¹⁹(RESENDE e FIGUERÊDO, 2010). A taxa de crescimento populacional (n_{it}) foi captada através da população total dos municípios, enquanto a adição da taxa de progresso tecnológico (g_{it}) e depreciação do capital (δ_{it}) tem valor considerado de 0.05 nesse trabalho (MANKIW et al., 1992).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados e discussões acerca do modelo de crescimento econômico de Solow com recursos naturais para o Estado de Pernambuco, no período de 2000 a 2010. Primeiramente, são apresentadas as estatísticas descritivas e a relação funcional das variáveis do modelo de crescimento econômico proposto neste estudo. Os testes empíricos analisam as estimativas das funções de produção do modelo de Solow simples e aumentado com capital humano e recursos naturais.

Neste sentido, a função de produção do modelo de Solow simples foi estimada no presente trabalho com a finalidade de analisar como o estoque de capital físico e o crescimento populacional influenciam na produção agregada per capita das economias. Apesar do modelo de Solow atender a sua finalidade, Mankiw et al. (1992) explica que este poderia ter seu poder de explicação ampliado com a inclusão do capital humano – o motor do crescimento econômico para este teórico. Diante disto, foi estimada a equação do modelo de Solow ampliado com capital humano para observar o efeito deste fator de produção no crescimento da renda per capita municipal e regional. Em seguida, este trabalho estimou o modelo de Solow com recursos naturais considerando a agricultura e os recursos hídricos como fatores relevantes para o progresso econômico municipal e regional – captando o efeito desses fatores nas mesorregiões do semiárido –, que foram negligenciadas no modelo de Solow aumentado com capital humano.

Essa seção se encerra, com apresentação do modelo de crescimento econômico de Solow com recursos naturais e *dummies* regionais para demonstrar o efeito da dotação de recursos naturais no produto agregado per capita municipal e regional(mesorregiões) do estado, especialmente nas do Semiárido Pernambucano.

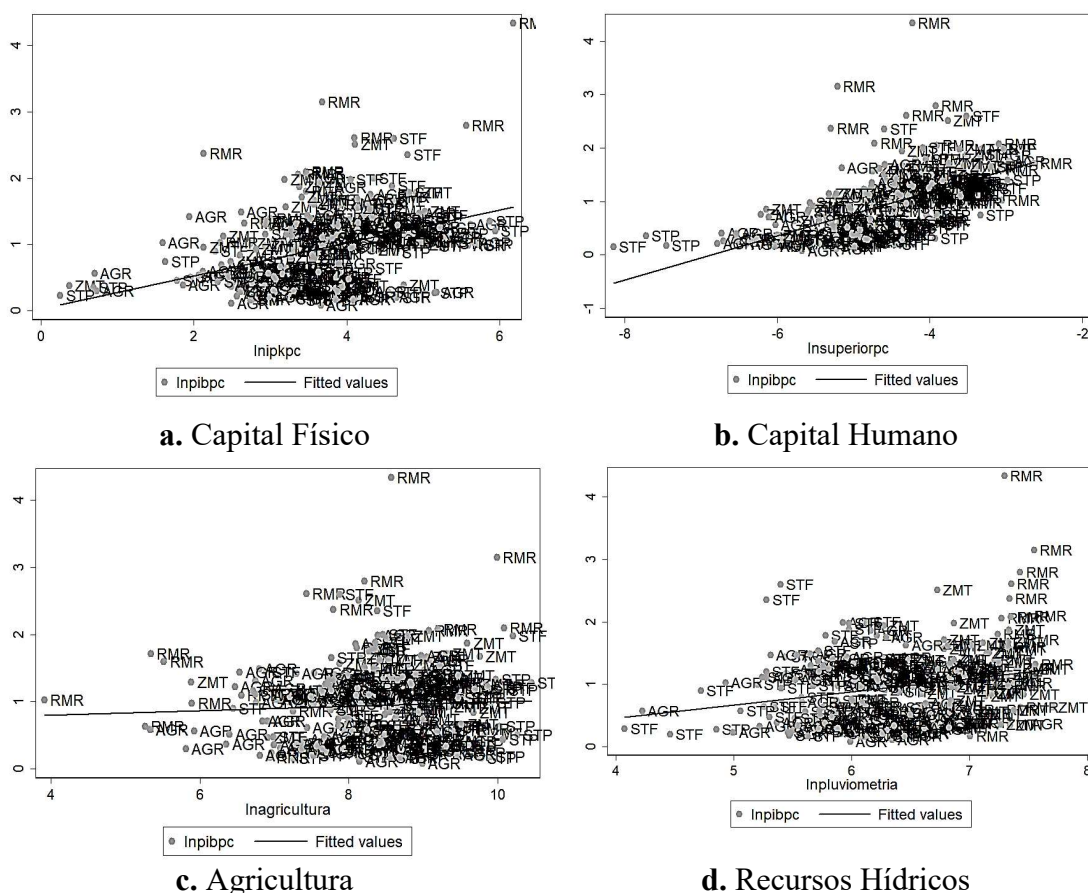
¹⁹Dada a grande ausência de dados pluviométricos para os municípios de Pernambuco nos anos de 2000 e 2010, foram utilizadas informações de pluviometria média de 2015 (2000) e 2016 (2010) às economias. Estes dados não interferem nos resultados do estudo, tendo em vista que a média pluviométrica dos municípios do Estado de Pernambuco não apresentam elevada variação ao longo do tempo (APAC, 2013).

4.1. Análise da estatística descritiva

O modelo de Solow com recursos naturais, proposto para o estudo do crescimento econômico de regiões áridas e semiáridas, pressupõe, pela teórica discutida, uma relação positiva e direta entre o produto agregado per capita em relação ao estoque de capital físico, capital humano, agricultura e recursos hídricos.

Na Figura 7, observa-se o ajuste das variáveis proxies utilizadas nesse estudo em relação à produção agregada per capita das mesorregiões do Sertão do São Francisco (STF), Sertão Pernambucano (STP), Agreste (AGR), Zona da Mata (ZMT) e Região Metropolitana do Recife (RMR).

Figura 7– Nuvem de dispersão das relações entre o PIB per capita e a formação de capital físico, capital humano, agricultura e recursos hídricos 2000-2010



Fonte: Elaboração própria (2019) usando dados do IBGE, RAIS, APAC, STN, IPEA e BDE/PE.

Nesse sentido, destaca-se o coeficiente de variação do produto per capita do Sertão do São Francisco (75,84%), Sertão Pernambucano (40,83%), Agreste (46,89%), Zona da Mata (54,21%) e Região Metropolitana do Recife (169,41%).

Portanto, nota-se que as mesorregiões possuem forte heterogeneidade em termos de produção agregada per capita. Observa-se, ainda, que quanto maior o coeficiente de variação mais desenvolvida encontra-se a mesorregião.

Em relação à agricultura, o Sertão do São Francisco apresentou um coeficiente de variação (113,41%), Sertão Pernambucano (74,14%), Agreste (75,33%), Zona da Mata (62,80%) e Região Metropolitana do Recife (115,10%).

Tabela 2 – Estatística descritiva das variáveis do modelo empírico 2000-2010

Variáveis	STF		STP		AGR		ZMT		RMR	
	Média	Cov. (%)	Média	Cov. (%)	Média	Cov. (%)	Média	Cov. (%)	Média	Cov. (%)
y_{it}	3.75	75.84	2.34	40.83	2.55	46.89	3.22	54.21	8.99	169.41
s_{Kit}	75.64	55.61	76.58	100.91	53.17	95.16	48.16	72.40	59.84	171.28
s_{Hit}	0.017	70.90	0.015	63.25	0.011	71.95	0.013	62.87	0.021	81.50
s_{Rit}	5180.87	113.41	9248.08	74.14	4280.09	75.33	6577.73	62.80	5718.13	115.10
s_{Wit}	309.72	45.36	423.43	33.31	523.11	45.38	1059.38	32.72	1491.40	16.89
n_{it}	34795.83	177.24	22562.66	75.01	30157.33	123.39	29708.92	77.12	167906.7	102.35

Fonte: Elaboração própria (2019) usando dados do IBGE, RAIS, APAC, STN, IPEA e BDE/PE. **Nota:** Mesorregiões do Sertão do São Francisco (STF), Sertão Pernambucano (STP), Agreste (AGR), Zona da Mata (ZMT) e Região Metropolitana do Recife (RMR).

As nuvens de dispersão do Produto Interno Bruto (PIB) per capita em relação as *proxies* de capital físico, capital humano, agricultura e recursos hídricos se mostram positivamente relacionadas e bastante concentradas em torno da tendência, apesar de apresentarem alguns dados discrepantes (*outliers*). As relações mostram-se teoricamente consistentes com os trabalhos de Solow (1956;1957), Mankiw et al. (1992), Nordhaus (1992), Barbier (2004) e Sultana et al. (2019).

Na Tabela 2, apresenta-se a estatística descritiva com média e coeficiente de variação às variáveis usadas no modelo empírico deste trabalho por mesorregiões. Deste modo, tem-se que quanto mais elevado o coeficiente de variação para o produto agregado per capita, capital físico, capital humano, agricultura, recursos hídricos e população maior é a heterogeneidade dos dados para as mesorregiões.

A heterogeneidade da agricultura apresenta-se tanto entre os municípios das mesorregiões, como também entre as mesorregiões. Essa variação se apresentou mais elevada em relação ao Sertão do São Francisco e Região Metropolitana. No caso da primeira, os municípios mais próximos do polo Petrolina-Juazeiro possuem uma produtividade agrícola mais elevada, assim quanto mais distantes deste centro de referência menor a quantidade de terras agricultáveis e produtivas. Semelhantemente, ocorre na Região Metropolitana do Recife, onde algumas áreas são destinadas para atividade rural, enquanto outras não possuem terras voltadas para o cultivo ou produção agrícola.

No que tange aos recursos hídricos, o Sertão do São Francisco obteve um coeficiente de variação (45,36%), Sertão Pernambucano (33,31%), Agreste (45,38%), Zona da Mata (32,72%) e Região Metropolitana do Recife (16,89%). A variação da pluviometria exibida para as mesorregiões demonstra que existe certa homogeneidade no volume de chuvas regional. Apesar do coeficiente de variação ser maior nas mesorregiões do Semiárido Pernambucano, é importante destacar que as condições climáticas e geográficas, também, são mais severas sobre a atividade econômica dessa região.

Destaca-se, que os recursos hídricos se tornam mais heterogêneos quando se considera o semiárido em relação ao litoral pernambucano. Os valores dos coeficientes de variação tornam-se elevados nesse comparativo. Deste modo, observa-se que a incidência de chuvas não é igual entre o Sertão do São Francisco, Sertão Pernambucano e Agreste em relação a Zona da Mata e Região Metropolitana do Recife (RMR), o mesmo nota-se para agricultura.

Por fim, os coeficientes de variação para população das mesorregiões de Pernambuco também se apresentam mais elevados para o semiárido, devido ao grande número de habitantes que se localizam nessa região do estado.

4.2. Estimações dos modelos

O modelo de Solow com recursos naturais apresentado neste trabalho é uma importante contribuição a teoria do crescimento econômico, em virtude de considerar os recursos naturais como fator de produção importante para evolução da produção agregada per capita municipal e regional do Estado de Pernambuco, quem 75% do seu território semiárido sendo afetados recorrentemente pelas condições climáticas e geográficas desfavoráveis ao progresso econômico (JACOMINE et al., 1972; SOARES, 2012; LIMA e GATTO, 2014).

No presente estudo, as estimações do modelo de crescimento econômico de Solow com recursos naturais são apresentadas, primeiramente, para os municípios do Estado de Pernambuco, no período de 2000 a 2010. Posteriormente, para atingir a finalidade desse estudo são exibidos os resultados com *dummies* regionais, onde o Sertão do São Francisco, Sertão Pernambucano e o Agreste correspondem ao Semiárido Pernambucano (SUDENE, 2018).

Nesse contexto, a Tabela 3 exibe os resultados do modelo empírico proposto de acordo com os métodos de estimação com dados em painel empilhado para os municípios do território pernambucano, com efeito fixo e efeito aleatório. Todas as estimativas são realizadas com desvio padrão robusto dos parâmetros, tratando problemas associados à heterocedasticidade e autocorrelação dos resíduos.

Em todos os casos os coeficientes exibem parâmetros estimados com o sinal esperado pela relação teórica apresentada, as únicas diferenças se dão em termos de desvio padrão e significância estatística. Independente da especificação apresentada e do estimador, os resultados demonstram que, além dos efeitos do capital físico e capital humano sobre o Produto Interno Bruto (PIB) per capita, a agricultura e os recursos hídricos exercem um efeito incremental sobre a produção agregada per capita dos municípios do Estado de Pernambuco (MANKIW et al., 1992; BARBIER, 2004; SULTANA et al., 2019).

O estimador de efeito fixo se mostrou com a especificação mais coerente com a relação empírica assumida devido a um conjunto de testes. Todos os testes de hipótese

conjunta de que os parâmetros são iguais a zero são rejeitados a 1% de significância, conforme as estatísticas dos testes *F* e *Wald*. Ao analisar as especificações estimadas com dados empilhados contra o efeito fixo, o teste de *Chow* rejeita a hipótese de que o estimador OLS é preferível ao modelo com efeito fixo. O mesmo é observado para o teste do modelo OLS em relação ao estimador de efeito aleatório, através do teste de *Breusch e Pagan*. O estimador OLS com dados empilhados se mostra menos consistente do que os modelos com controle de municípios.

Tabela 3 – Estimativas do modelo de Solow ampliado com capital humano e recursos naturais em painel balanceado para os municípios de Pernambuco 2000-2010

Variáveis	OLS	Efeito Fixo	Efeito Aleatório
C	0.015 (0.545)	1.655* (0.498)	0.600 (0.469)
$\ln S_k$	0.179* (0.038)	0.154* (0.530)	0.179* (0.025)
$\ln(n + g + d)$	-0.012 (0.026)	-0.031 (0.031)	-0.043*** (0.017)
$\ln S_H$	0.359* (0.028)	0.530* (0.032)	0.442* (0.026)
$\ln S_R$	0.040 (0.025)	0.063** (0.031)	0.053** (0.022)
$\ln S_W$	0.242* (0.052)	0.083*** (0.050)	0.183* (0.047)
Municípios - μ_i	Não	Sim	Sim
Anos - ϑ_i	Não	Não	Não
<i>Teste de Hausman</i>			
χ^2		143.17	
$Prob > \chi^2$		0.0000	
<i>Teste de Chow</i>			
$Prob > F$	6,32 0.0000		
<i>Breusch e Pagan</i>			
$Prob > \chi^2$			65.97 0.0000
<i>Wald</i>			
χ^2			902.83
$Prob > \chi^2$			0.0000
<i>Teste F</i>			
$Prob > F$	54.91 0.0000	174.01 0.0000	
R^2	0.4826	0.8654	0.8585

Fonte: Elaboração própria (2019) usando dados do IBGE, RAIS, APAC, STN, IPEA e BDE/PE. **Nota:** * significância a 1%, ** a 5% e *** a 10%; entre parênteses estão as estimativas de desvio padrão robusto dos parâmetros. A base de dados balanceada não apresenta valores missings.

Entre os estimadores de efeito fixo e aleatório, o teste de Hausman rejeita a hipótese de que a diferença entre os coeficientes não é sistemática. Portanto, não é possível afirmar que o modelo de efeito aleatório seja mais consistente que o de efeito

fixo. Assim, aceita-se a hipótese alternativa de que existem características não observáveis inerentes aos municípios, invariantes no tempo, que afetam a produção agregada. Logo, aceita-se o estimador de efeito fixo (ver Tabela 3).

Nesse contexto, o referido estimador demonstra que apenas a depreciação não apresenta significância estatística, enquanto os demais parâmetros são estatisticamente significativos a 1%, 5% e 10%, e que existe um efeito positivo da agricultura e dos recursos hídricos sobre a produção agregada dos municípios.

Com a inclusão da agricultura e dos recursos hídricos, o modelo de Mankiw et al. (1992) que em média demonstra que o capital físico e capital humano possuem um poder explicação de 80% para variações na renda per capita, passou para 86,54%. O resultado indica que os recursos naturais possuem participação importante na evolução da produção agregada per capita dos municípios do território pernambucano.

Nesse sentido, um aumento de 1% no capital físico e capital humano provocam uma variação na renda per capita de 0,15% e 0,53%. Um aumento de mesma magnitude na agricultura e recursos hídricos impactam em 0,063% e 0,083% na produção agregada per capita, respectivamente.

Os resultados obtidos estão compatíveis com vários trabalhos realizados sobre o crescimento econômico, entre eles, Mankiw et al. (1992) que aponta que um aumento de 1% no capital físico e capital humano impactam em 0,28% e 0,76% na renda per capita dos países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD). Nesse sentido, Souza Sá et al. (2019) ao analisar o crescimento econômico dos municípios de Pernambuco, entre 2000 e 2010, demonstrou que o aumento de 1% no capital físico e capital humano proporciona uma evolução de 0,19% e 0,38% no produto per capita. Estes resultados são compatíveis com trabalhos realizados para o Brasil, onde o capital humano apresenta um percentual de impacto sobre a produção agregada per capita superior ao do capital físico (FIRME e FREGUGLIA, 2013).

O impacto dos recursos hídricos sobre a produção agregada per capita estão em consonância com Barbier (2004), uma vez que seu modelo de crescimento econômico, aponta que a taxa de utilização de água aumenta a produção agregada dos países.

Destaca-se, ainda, que Nordhaus (1992) atribui um quinto da produção agregada aos recursos naturais e o restante ao capital e trabalho. Nesse sentido, o efeito da agricultura e dos recursos hídricos estimados no modelo de Solow com recursos naturais são correspondentes, pois estão entorno de um sexto. Pontua-se, também, que Nordhaus negligenciou o capital humano no seu modelo, reforçando as

estimativas menores para os recursos naturais neste trabalho (GYLFASON e ZOEGA, 2006).

Segundo Sultana et al. (2019) a agricultura possui um coeficiente de 0,10 no crescimento da produção agregada de longo prazo do país de Bangladesh, no Sul da Ásia. A estimação do seu modelo de crescimento endógeno apresentou coeficiente de 0,38 para capital físico e 0,52 para capital humano no crescimento de longo prazo. Deste modo, o efeito da agricultura na produção agregada dos municípios do território pernambucano é consistente, uma vez que o coeficiente é 0,083.

Na Tabela 4, apresenta-se um comparativo entre os modelos de Solow simples e aumentado com capital humano e recursos naturais. Essa análise permite comparar os modelos com a inclusão dos novos fatores de produção, assim como verificar a importância dos recursos naturais para o crescimento econômico.

Tabela 4 – Estimativas do modelo de Solow simples e ampliado usando dados em painel balanceado com efeito fixo para os municípios de Pernambuco 2000-2010

Variáveis	Modelo de Solow simples	Modelo de Solow com capital humano	Modelo de Solow com recursos naturais
C	-0.859* (0.102)	2.714* (0.231)	1.655* (0.498)
$\ln S_k$	0.399* (0.029)	0.154* (0.025)	0.154* (0.025)
$\ln(n + g + d)$	-0.124* (0.039)	-0.029 (0.021)	-0.031 (0.021)
$\ln S_H$		0.529* (0.034)	0.530* (0.032)
$\ln S_R$			0.063** (0.031)
$\ln S_W$			0.083*** (0.050)
R^2	0.6139	0.8603	0.8654

Fonte: Elaboração própria (2019) usando dados do IBGE, RAIS, APAC, STN, IPEA e BDE/PE. **Nota:** * significância a 1%, ** a 5% e *** a 10%; entre parênteses estão as estimativas de desvio padrão robusto dos parâmetros. *A base de dados balanceada não apresenta valores missings.*

Nesse sentido, observa-se que o modelo estimado com recursos naturais apresenta um leve aumento no poder de explicação ao incluir a agricultura e os recursos hídricos nas estimações, em virtude de sua importância para o crescimento econômico de médio e longo prazo dos municípios do Estado de Pernambuco.

A importância do capital físico e capital humano não foram afetadas ao incluir os recursos naturais, mantendo a devida relevância desse último fator como motor do crescimento econômico de longo prazo (MANKIW et al., 1992). Destaca-se, que os recursos naturais tem efeito adicional sobre a produção agregada per capita, tendo em vista que 75% do território pernambucano é composto por terras áridas e semiáridas.

O modelo de Solow com recursos naturais apresentou um maior poder de explicação em relação ao simples e aumentado com capital humano, evidenciando que as variáveis incluídas permitem captar fatores relevantes para o progresso econômico em economias com grandes extensões de áreas secas, como é o caso do Estado de Pernambuco.

Na Tabela 5, exibe-se a estimação do modelo de Solow simples e ampliado com capital humano e recursos naturais usando o estimador de efeito aleatório com controle de *dummies* regionais²⁰. O uso das *dummies* permite captar o efeito regional do crescimento econômico do estado e, sobretudo das mesorregiões do Semiárido de Pernambuco, usando o modelo de Solow com recursos naturais.

Para observar as diferenças regionais da produção agregada per capita é considerada a seguinte divisão territorial de Pernambuco por mesorregiões: Sertão do São Francisco, Sertão Pernambucano, Agreste, Zona da Mata e Região Metropolitana do Recife. As três primeiras mesorregiões correspondem ao Semiárido de Pernambuco, além disso, para analisar o nível de produção per capita utilizou-se como referência a Região Metropolitana do Recife (RMR), uma vez, que essa região é mais desenvolvida economicamente no estado.

Os resultados do modelo de Solow com recursos naturais usando *dummies* regionais retrata que as mesorregiões do Sertão Pernambucano, Agreste e Zona da Mata foram estatisticamente significativas a 1%, 5% e 10%, enquanto, o Sertão do São Francisco não apresentou significância estatística a nenhum nível. Nesse sentido, as mesorregiões situadas no Semiárido de Pernambuco apresentam uma queda média no produto per capita em relação a Região Metropolitana do Recife (RMR) (ver Tabela 5). Os coeficientes negativos das *dummies* regionais estatisticamente significativas em relação a Região Metropolitana, demonstram que a produção per capita nas demais mesorregiões do estado comparativamente a Região Metropolitana, salvo a exceção da mesorregião do Sertão do São Francisco, são em média menores. Contudo, a ausência

²⁰Segundo Wooldridge (2016) a estimação do modelo de efeito aleatório com variáveis *dummies* produzem resultados semelhantes ao do estimador de efeito fixo.

de significância da *dummy* do Sertão do São Francisco sugere que sua produção per capita não é menor do que a da Região Metropolitana do Recife.

Tabela 5 – Estimativas do modelo de Solow simples e ampliado com dados em painel balanceado com efeito aleatório e dummies regionais para Pernambuco 2000-2010

Variáveis	Modelo de Solow simples	Modelo de Solow com capital humano	Modelo de Solow com recursos naturais
C	0.217 (0.227)	2.574* (0.274)	1.328* (0.460)
$\ln S_k$	0.307* (0.028)	0.189* (0.025)	0.190* (0.027)
$\ln(n + g + d)$	-0.121* (0.029)	-0.048* (0.018)	-0.049* (0.018)
D_{Mata}	-0.538** (0.241)	-0.395 (0.273)	-0.439*** (0.260)
$D_{Agreste}$	-0.857* (0.235)	-0.591** (0.271)	-0.524** (0.258)
$D_{Sertão}$	-1.006* (0.241)	-0.826* (0.273)	-0.826* (0.267)
$D_{São Francisco}$	-0.702* (0.275)	-0.542*** (0.300)	-0.446 (0.283)
$\ln S_H$		0.418* (0.031)	0.420* (0.029)
$\ln S_R$			0.089* (0.026)
$\ln S_w$			0.076*** (0.041)
$Wald \chi^2$	214.25	824.22	868.43
$Prob > \chi^2$	0.0000	0.0000	0.0000
$Sigma(u)$	0.269	0.308	0.296
$Sigma(e)$	0.349	0.211	0.209
Rho	0.373	-0.680	0.667
R^2	0.6119	0.8540	0.8585

Fonte: Elaboração própria (2019) usando dados do IBGE, RAIS, APAC, STN, IPEA e BDE/PE. **Nota:** * significância a 1%, ** a 5% e *** a 10%; entre parênteses estão as estimativas de desvio padrão robusto dos parâmetros. A base de dados balanceada não apresenta valores missings.

O modelo de Solow com recursos naturais usando *dummies* regionais teve todas as variáveis explicativas estatisticamente significativas a 1%, 5% e 10%. Além disso, apresentou um poder de explicação dessas variáveis para variações na renda per capita das mesorregiões do estado, especialmente do Semiárido de Pernambuco de 85,85%.

Nesse sentido, é importante destacar que a depreciação do modelo com *dummies* regionais exibiu significância estatística de 1%,

Deste modo, um aumento de 1% no capital físico, capital humano, agricultura e recursos hídricos provocam um impacto no produto per capita das economias de 0,19%, 0,42%, 0,089% e 0,076%, respectivamente. O mesmo efeito sobre a depreciação do modelo provoca uma redução na renda per capita de 0,049%.

No modelo de crescimento econômico com recursos naturais para os municípios de Pernambuco, o efeito dos recursos hídricos na produção agregada é superior ao da agricultura, entretanto, ao considerar as mesorregiões ocorreu a inversão das magnitudes. Isso demonstra que a importância dos recursos naturais (agricultura e recursos hídricos) é heterogênea a depender da localização geográfica da mesorregião e dos municípios, isto é, no semiárido ou no litoral do estado.

Os resultados com *dummies* regionais, ainda, retratam que os municípios situados em mesorregiões mais próximas da Região Metropolitana do Recife (RMR) ou do Sertão do São Francisco apresentam menor disparidade de nível de renda per capita em relação a região de referência.

Ressalta-se, ainda, que as mesorregiões mais próximas da Região Metropolitana do Recife (RMR) ou do Sertão do São Francisco apresentam maior oferta de recursos naturais, uma vez que a primeira está inserida na região de clima tropical úmido, enquanto a segunda é beneficiada pelas águas do Rio São Francisco que são relevantes para agricultura irrigada (MENDONÇA, 2016). Portanto, os aspectos geográficos, assim como a oferta de recursos naturais é importante para descrever o crescimento econômico do estado, que em sua maior parte é semiárido.

Os resultados sugerem que as mesorregiões localizadas no Semiárido Pernambucano são afetadas fortemente pelas condições climáticas e geográficas, isto é, pela estiagem prolongada, baixa oferta de terras férteis e recursos hídricos para produção agregada, com exceção do Sertão do São Francisco. Estes aspectos refletem as disparidades média do produto per capita regional demonstradas no modelo de Solow com recursos naturais.

Por fim, nota-se que tanto o estimador de efeito fixo com controle de municípios estimado inicialmente, como o de efeito aleatório com *dummies* regionais possuem coeficientes similares das variáveis explicativas, portanto, ambas as estimações são consistentes para analisar o impacto dos recursos naturais sobre o progresso econômico municipal e regional do estado, especialmente do Semiárido Pernambucano.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo principal analisar o efeito da dotação de recursos naturais sobre o crescimento econômico municipal e regional do Estado de Pernambuco, no período de 2000 a 2010. Para captar o efeito dos recursos naturais sobre as mesorregiões do estado, especialmente as do Sertão do São Francisco, Sertão Pernambuco e Agreste, que correspondem ao Semiárido Pernambuco, utilizou-se *dummies* regionais.

De modo geral, os resultados do modelo de Solow com recursos naturais indicaram que a dotação de recursos naturais (agricultura e recursos hídricos) possuem efeito importante sobre a produção agregada per capita das economias do Estado de Pernambuco. Ao considerar as mesorregiões no modelo, observou-se que a produção agregada per capita das mesorregiões do Semiárido Pernambucano são em média menores do que a da Região Metropolitana do Recife (RMR), salvo a exceção do Sertão do São Francisco. A ausência de significância estatística da *dummy* do Sertão do São Francisco sugere que o produto per capita dessa mesorregião não é menor do que o da Região Metropolitana do Recife (RMR).

O modelo de Solow com recursos naturais e *dummies* regionais atendem a hipótese empírica do estudo, uma vez que a expansão da oferta de recursos naturais demonstrou ser estatisticamente significativa para o crescimento econômico dos municípios de Pernambuco, que em sua maioria estão localizados em áreas áridas e semiáridas, e que as mesorregiões do Semiárido Pernambucano em média apresentam uma produção per capita média menor em relação a Região Metropolitana do Recife (RMR). Nesse contexto, ainda, evidenciou-se que as mesorregiões mais distantes da RMR também são as que possuem em média uma produção per capita menor, principalmente as mesorregiões do Sertão Pernambucano e do Agreste. Assim, economias mais próximas do litoral apresentam menores disparidades em termos de produção agregada per capita.

O estudo ainda discorreu sobre uma ampla caracterização do semiárido no mundo e no estado, demonstrando a relevância dos recursos naturais, sobretudo, dos recursos hídricos e da agricultura para o progresso econômico de médio e longo prazo. É importante destacar que este trabalho também disserta sobre formas de redução das restrições de recursos naturais, especialmente dos recursos hídricos através da

exploração de recursos ambientais não convencionais e tecnologias de otimização para reúso da água.

No médio e longo prazo, estudos como esse podem despertar a dinâmica política, empresarial e institucional para a importância dos incentivos a conservação do meio ambiente. Com isso, se torna mais evidente a necessidade de novos investimentos voltados para otimização do consumo dos recursos naturais. A ausência completa de incentivos e investimentos voltados para o uso racional dos recursos produtivos, na produção agregada, pode restringir de maneira irreversível as chances de crescimento econômico em mais da metade do território pernambucano, notadamente o Semiárido, mais vulnerável a seca.

Conclui-se, portanto, que os recursos naturais possuem papel relevante no crescimento econômico do Estado de Pernambuco, em virtude da grande extensão de terras áridas e semiáridas, assim como devido às condições climáticas e geográficas que afetam maior parte dos municípios do território estadual. Nesse sentido, o estudo sugere ao setor público e privado construir soluções e políticas para enfrentar a seca e estiagem, através do reúso da água e exploração de recursos não convencionais.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVITZ, Moses. **Catchingup, forgingahead, and fallingbehind**. The Journal of EconomicHistory, v. 46, n. 2, p. 385-406, 1986.
- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC. **Relatório de situação de recursos hídricos do Estado de Pernambuco 2011 e 2012**. Recife: Apac, 2013.
- AMORIM, Airton Lopes. SCALCO, Paulo Roberto. BRAGA, Marcelo José. **Crescimento econômico e convergência de renda nos estados brasileiros: uma análise a partir dos grandes setores da economia**. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 39, n. 3, p. 359-370, jul/set, 2008.
- ANDRADE, J. A.; NUNES, M. A. 2014. Wateraccess in BrazilianSemi-Arid: ananalysis of regional public policies. **Revista Espinhaço (UFVJM)**, v. 3, n. 2, 2014.
- ANDRADE, M. C. O. Pernambuco e o trópico. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, n. 45, p. 11-20, 2007.
- ANDRADE SANTANA, Rosinele de et al. Assessingalternatives for meeting waterdemand: A case study of waterresource management in the BrazilianSemiarid region. **UtilitiesPolicy**, v. 61, p. 100974, 2019.
- ARAÚJO, B. C.; CAVALCANTE, L. R.; ALVES, P. Variáveis proxy para os gastos empresariais em inovação com base no pessoal ocupado técnico-científico disponível na Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). **Radar: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior**, n. 5, p. 16-21, 2009.
- ARAÚJO, F. T. V.; NUNES, A. B. A.; SOUZA FILHO, F. A. Desertificação e pobreza: existe um equilíbrio de baixo nível? **Revista Econômica do Nordeste**, v. 45, p. 106-119, 2014.
- ARAÚJO, L. A.; LIMA, J. P. R. Transferências de renda e empregos públicos na economia sem produção do semiárido nordestino. **Revista Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, DF, v. 33, p. 45-75, 2009.
- ASTERIOU, D. AGIOMIRGIANAKIS, G. M. **Human capital and economicgrowth: time series evidencefromGreece**. Journal of Policy Modelling, 2001, vol. 23, 481–9.
- BARBIER, Edward B. Water and economicgrowth. **Economic Record**, v. 80, n. 248, p. 1-16, 2004.
- BARRO, Robert J. Governmentspending in a simplemodel of endogeneousgrowth. **Journal of politialeconomy**, v. 98, n. 5, Part 2, p. S103-S125, 1990.
- BARRO, Robert J.; SALA-I-MARTIN, Xavier. Publicfinance in models of economicgrowth. **The Review of EconomicStudies**, v. 59, n. 4, p. 645-661, 1992.

BECKER, Gary S. **Human Capital**, 1st ed. (New York: Columbia University Press for the National Bureau of Economic Research). 1964.

BERCHIN, Issa Ibrahim et al. The contributions of public policies for strengthening family farming and increasing food security: The case of Brazil. **Land use policy**, v. 82, p. 573-584, 2019.

BECKER, Gary S, Kevin M. Murphy y Robert F. Tamura. **Human Capital, Fertility, and Economic Growth**. Pág. 1-18. NBER workingpaper 3414, National Bureau of Economic Research. Cambridge. August 1990.

BOSC, Pierre-Marie et al. **Investing in smallholder agriculture for food security**. HLPE, 2013.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Banco de dados e registros de desastres: sistema integrado de informações sobre desastres - S2ID**. 2013. Disponível em: <<http://s2id.integracao.gov.br>>. Acesso em: 07/12/2019.

CAMPOS, J. N. B. Vulnerabilidades hidrológicas do semi-árido às secas. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, v. 2, n. 16, p. 261-297, 1997.

CASTRO, César Nunes de. **Sobre a agricultura irrigada no semiárido: Uma análise histórica e atual de diferentes opções de política**. Texto para Discussão, 2018.

_____. **Transposição do Rio São Francisco**. 2009.

_____. **Impactos do projeto de transposição do rio São Francisco na agricultura irrigada no nordeste setentrional**. 2011.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. Manual de desastres: desastres naturais. Brasília (DF): **Ministério da Integração Nacional**, 2003. 182 p.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES – CEPED. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012: volume Brasil**. Florianópolis: UFSC; 2013.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES – CEPED. Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil: 1995–2014. **Banco Mundial Florianópolis: CEPED UFSC**, 2016.

CHAMBERS, Dustin. GUO, Jang Ting. **Natural resources and economic growth: Some theory and evidence**. Annals of Economics and Finance, 2009. 10-2, 367–389. Disponível em: <<https://bit.ly/2OTCVOq>> Acesso em: 08/02/2019.

COBACHO, Ricardo, et al. Low-flow devices in Spain: how efficient are they in fact? An accurate way of calculation. **Water Science and Technology: Water Supply**, 2004, 4.3: 91-102.

COELHO, Kaliane Bispo; SOUSA, Eliane Pinheiro de. **A fruticultura como fator de desenvolvimento do município de Petrolina-PE: o caso do perímetro irrigado Senador Nilo Coelho.** 2014.

CONDEPE/FIDEM – Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco. **Desempenho do produto interno bruto de Pernambuco no 4º trimestre de 2010.** Disponível em: <<https://bit.ly/2FJLI88>>. Acessado em: 30 de março de 2019.

COSTA, Albanita Gomes da; LUDERMIR, Ana Bernarda. Transtornos mentais comuns e apoio social: estudo em comunidade rural da Zona da Mata de Pernambuco, Brasil
Common mental disorders and social support in a rural community in Zona da Mata. **Cad. Saúde Pública**, v. 21, n. 1, p. 73-79, 2005.

DEICHMANN, U. et al. Global Digital Datasets for Land Degradation Studies: a GIS Approach-GRID Case Study Series No. 4. **GRID Case Study Series**, 1991.

DESTINOBLÉS, André Géraud. **El capital humano en la teoría del crecimiento económico.** Juan Carlos Martínez Coll, 2000.

DINC – DISTRITO DE IRRIGAÇÃO NILO COELHO. **Home Page.** Disponível em: <<https://www.dinc.org.br/>>. Acesso em: 07/12/2019.

D'ODORICO, Paolo et al. Feeding humanity through global food trade. **Earth's Future**, v. 2, n. 9, p. 458-469, 2014.

EHLERS, Eduardo. **O que é agricultura sustentável.** São Paulo: Brasiliense, 2009.
FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. The state of food and agriculture: innovation in family farming. **Rome: FAO**, 2014.

FARGIONE, Joseph et al. Land clearing and the biofuel carbon debt. **Science**, v. 319, n. 5867, p. 1235-1238, 2008.

FIRME, Vinícius de Azevedo Couto; FREGUGLIA, R. S. Análise do crescimento dos municípios brasileiros utilizando dados em painel e controles espaciais sobre o modelo de mankiw, romer e weil (1992) para o período de 1980 a 2010, in ‘. **XVIII ANPEC Nordeste**, 2013.

FRANÇA, Caio Galvão de; DEL GROSSI, Mauro Eduardo; DE AZEVEDO MARQUES, Vicente. **O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil.** Brasília: MDA, 2009.

FREITAS, Maria Viviana. ALMEIDA, Eduardo. **Existe Realmente Convergência de Renda entre Países?** Estudos Econômicos, São Paulo, vol.45, n.2, p.287-316, abr.-jun. 2015.

GALVÍNCIO, Josiclêda Domiciano. MOURA, Magna Soelma Beserra de. **Aspectos climáticos da captação de água de chuva no Estado de Pernambuco.** Revista de geografia, Recife, v. 22, n. 2, p. 96-113, 2005.

GASPAR, Lúcia. **Seca no nordeste brasileiro**. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2010. Disponível em: <<http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/>>. Acesso em: 07/12/2019.

GHISI, Enedir; FERREIRA, Daniel F. Potential for potablewatersavingsbyusingrainwater and greywater in a multi-storeyresidentialbuilding in southernBrazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 7, p. 2512-2522, 2007.

GLEICK, Peter H. Global freshwaterresources: soft-path solutions for the 21st century. **Science**, 2003, 302.5650: 1524-1528.

GNADLINGER, Johann. Água de Chuva no manejo integrado dos recursos hídricos em localidades semiáridas: aspectos históricos, biofísicos, técnicos, económicos e sociopolíticos. **Instituto Nacional do Semiárido**, 2015.

GONÇALVES, Eduardo; DE ALMEIDA RIBEIRO, Erika Cristina Barbosa; DA SILVA FREGUGLIA, Ricardo. Transbordamentos de conhecimento e capacidade de absorção: Uma análise para os estados brasileiros. **XXXVIII Encontro Nacional de Economia**, 2011.

GONÇALVES, EDSON F.; MOLLERI, GUSTAVO SOUTO FONTES; RUDORFF, F. M. Distribuição dos desastres naturais no Estado de Santa Catarina: estiagem (1980–2003). **Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, I**, p. 773-786, 2004.

HERTEL, Tom; LIU, Jing. Implications of waterscarcity for economicgrowth. In: **Economy-WideModeling of Waterat Regional and Global Scales**. Springer, Singapore, 2019. p. 11-35.

GYLFASON, Thorvaldur; ZOEGA, Gylfi. Natural resources and economicgrowth: The role of investment. **World Economy**, v. 29, n. 8, p. 1091-1115, 2006.

HOWELL, T.A. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. **Agron. J.** 93 (2), 281-289, 2001.

HUSSAIN, M. Iftikhar; AL-DAKHEEL, Abdullah J. Usingalternatewaterresources for cultivation of salttolerantperennial grasses under marginal environment. **TROPENTAG, Management of Land use systems for enhanced food security-conflicts, controversies and resolutions, Berlin, Germany, September 16-18**, 2015.

HUSSAIN, M. Iftikhar et al. Sustainable use and management of non-conventionalwaterresources for rehabilitation of marginal lands in arid and semiaridenvironments. **Agriculturalwater management**, v. 221, p. 462-476, 2019.

HUSSAIN, M. Iftikhar et al. Salt and droughtstresses in safflower: a review. **Agronomy for sustainabledevelopment**, v. 36, n. 1, p. 4, 2016.

HRYSHKO, D. **Chapter 9.Natural resources and economicgrowth**. 2010. Disponível em: <<http://twixar.me/NrhT>>. Acesso em: 07/12/2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 07/12/2019.

_____. **Censo Agropecuário 2006**. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro: MPOG, 2009.

_____. **Censo Agropecuário 2017**: resultados preliminares. Rio de Janeiro: MPOG, 2017.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Ipeadata**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: 07/12/2019.

JACOMINE, Paulo Klinger Tito. CAVALCANTI, Antônio Cabral. BURGOS, Nivaldo. PESSOA, Sérgio Costa Pinto. SILVEIRA, Clotário Oliver da. **Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do estado de Pernambuco**. Recife, Divisão de Pesquisa Pedológica, 1972. 352p. Boletim Técnico. v.2. Série pedológica 14.

KARRAS, Georgios. Land and population growth in the Solow growth model: Some empirical evidence. **Economics Letters**, v. 109, n. 2, p. 66-68, 2010.

KISLEV, Y. Tsaben, S. **Statistical Atlas for Agriculture in Israel**. Ministry of Agriculture, Beit Dagan. 2013.

KOBIYAMA, Masato et al. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.

KROTH, Darlan Christiano; DIAS, Joilson. Os efeitos dos investimentos público e privado em capitais físico e humano sobre o produto per capita dos municípios da região Sul: uma análise em painéis de dados dinâmicos. **Nova Economia**, v. 22, n. 3, p. 621-649, 2012.

LEW, Beni et al. Exploratory ranking analysis of brackish groundwater desalination for sustainable agricultural production: A case study of the Arava Valley in Israel. **Journal of Arid Environments**, p. 104078, 2019.

LIMA, João Policarpo R. GATTO, Maria Fernanda. **A economia do Semiárido de Pernambuco: ainda “sem produção”?** Recife, Revista Economia e Desenvolvimento, v. 13, n. 1, p. 130-167, jan/jun, 2014.

LUCAS JR, Robert E. **On the mechanics of economic development**. Journal of monetary economics, v. 22, n. 1, p. 3-42, 1988.

MARINHO, E.; SILVA, A. B. Capital Humano, Progresso Técnico, Difusão Tecnológica e Crescimento Econômico para uma amostra ampla de países. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 39, n. 2, 2009.

MACHADO, L. W. **Climate change resilient development of family farmers in the Brazilian semi-arid: An analysis of public policies and of the coexisting with the semi-arid paradigm**. 2018. Doctoral dissertation – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil.

MANKIW, G. ROMER, D. WEIL, D. **A contribution to the empirics of economic growth.** *Quarterly Journal of Economics*, v. 107, n. 429, 1992.

MARENGO, José A. et al. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 1973-1985, 2018.

MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas.** Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. 440p.

MENDONÇA, E. A. **Análise da precipitação nas mesorregiões do Estado de Pernambuco.** 2016. 106 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2016.

MENEZES, R. S. C. et al. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 3, p. 643-653, 2012.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova delimitação Semiárido.** Abril, 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/2LXu3t6>> Acesso em: 28/01/2019.

_____. **Informações sobre o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as bacias hidrográficas do Nordeste setentrional.** Disponível em: <<http://twixar.me/wrhT>> Acessado em: 28/01/2019.

MOURA-JÚNIOR, Edson Gomes et al. Diversidade de plantas aquáticas vasculares em açudes do Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), Recife-PE. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 26, n. 3, p. 276-293, 2010.

MOURA, M. S. B. **Precipitação e evaporação.** Disponível em: <<http://twixar.me/LHhT>>. Acesso em: 07/12/2019.

NEVES, Antônia Leila Rocha et al. Aspectos socioambientais e qualidade da água de dessalinizadores nas comunidades rurais de Pentecoste-CE. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 1, p. 125-135, 2017.

NORDHAUS, William D. **Lethal model 2: the limits to growth revisited.** Brookings Papers on Economic Activity, 1992, n. 2.

OSTER, J. D. et al. Comparison of transient state models that include salinity and matrix stress effects on plant yield. **Agricultural Water Management**, v. 103, p. 167-175, 2012.

PAM – PESQUISA AGRÍCOLA MUNICIPAL. **Home page.** Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/lspa/tabelas>> . Acesso em: 07/12/2019.

PERNAMBUCO. **Plano estadual de mudanças climáticas.** Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Recife, 2011.

REBOUÇAS, A.C. Águas subterrâneas. In: Rebouças, A.C.; Braga, B.; Tundisi, J.G. (ed.). **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999. Cap. 4, p.117-151.

REZNIK, Ami. FEINERMAN, Eli. FINKELSHTAIN, Israel. FISHER, Franklin. HUBER-LEE, Annette. JOYCE, Brian. KAN, Iddo. **Economic implications of agricultural reuse of treated wastewater in Israel: A statewide long-term perspective**. May, 2017. *Ecological Economics* v. 135, P. 222-233. Disponível em: <<https://bit.ly/2TZhPPL>> Acesso em: 09/02/2019.

REYNOLDS, James F. et al. Global desertification: building a science for dryland development. **science**, v. 316, n. 5826, p. 847-851, 2007.

ROMER, Paul M. **Endogenous technological change**. *Journal of political Economy*, v. 98, n. 5, Part 2, p. S71-S102, 1990.

SANTOS, Peterson F. A. SPOLADOR, Humberto F. S. Produtividade Setorial e Mudança Estrutural no Brasil: Uma Análise Para o Período 1981 a 2013. **RBE**, Rio de Janeiro v. 72 n. 2 / p. 217–248 Abr-Jun 2018.

SANTOS, Alessio Moreira dos; MITJA, Danielle. **Agricultura familiar e desenvolvimento local: os desafios para a sustentabilidade econômico-ecológica na comunidade de Palmares II, Parauapebas, PA**. *Interações (Campo Grande)*, v. 13, n. 1, 2016.

SAPKOTA, Amy R. **Water reuse, food production and public health: Adopting transdisciplinary, systems-based approaches to achieve water and food security in a changing climate**. *Environmental Research*. Elsevier. 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/2VqN2gm>> Acesso em: 10/02/2019.

SANTOS, Edjane Maria dos. **A Geoconservação como ferramenta para o desenvolvimento sustentável em regiões semiáridas: Estudo aplicado à mesorregião do Agreste de Pernambuco, nordeste do Brasil**. 2016.

SMULDERS, Sjak; DE NOOIJ, Michiel. The impact of energy conservation on technology and economic growth. **Resource and Energy Economics**, v. 25, n. 1, p. 59-79, 2003.

SOARES, Tales M. et al. Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 730-737, 2006.

SOUZA SÁ, A. R., SILVA, D. L., & SÁ, M. S. N. Capital Humano e Crescimento Econômico: Uma análise dos Municípios de Pernambuco entre 2000-2010. **Journal of Perspectives in Management – JPM**, 3(2), p. 35-48, 2019.

SULTANA, Tahmina et al. Endogenous growth model of a labour-abundant and land-scarce economy. **Journal of Social and Economic Development**, p. 1-20, 2019.

SUNAMITA, I. R. B. C. **Impactos da utilização de tecnologias alternativas agrícolas no desenvolvimento ambientalmente racional da agricultura familiar no semi-árido pernambucano**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

SILVA, F. J. A.; ARAÚJO, A. L.; SOUZA, R. O. Águas subterrâneas no Ceará—poços instalados e salinidade. **Revista Tecnologia**, v. 28, n. 2, 2007.

SILVA, Anderson Flávio Gomes da. **O crescimento econômico de Pernambuco na primeira década do século XXI**. 2013. 82 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Administração e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SILVA, P. C. G.; MOURA, M. S. B. de; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. de L.; PEREIRA, L. A.; SA, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. de C.; CUNHA, T. J. F.; GUIMARÃES FILHO, C. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. cap. 1, p. 18-48.

SILVA, N. R. F. **Variabilidade espaço-temporal da eficiência de uso da água na Caatinga do submédio do São Francisco por meio de dados MODIS e modelo METRIC**. 2019. 149 p. IBI: <8JMKD3MGP3W34R/3T34EBL>. (sid.inpe.br/mtc-m21c/2019/03.30.15.03-TDI). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2019. Disponível em: <<http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP3W34R/3T34EBL>>.

SILVA, Caroline Cordeiro Costa. **Estudo das perdas de água pelo sistema de abastecimento humano nos municípios das regiões do Sertão e São Francisco de Pernambuco, Brasil**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

SILVA, H. K. P.; SILVA, V. N. L.; SILVA, M. M. Projeto de recuperação e manutenção de dessalinizadores de água subterrânea no semiárido do Estado de Pernambuco. **Águas Subterrâneas**, 2014.

SMULDERS, S. **Endogenous Growth Theory and the Environment**. In Handbook of Environmental and Resource Economics. Edited by Jeroen C.J.M. van den Bergh. Cheltenham, 1999. UK: Edward Elgar, 610-621.

SOARES, Deivide Benício. **Degradação ambiental no semiárido pernambucano: contribuição ao estudo da desertificação**. (Dissertação de Mestrado). Programa de pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFPE. Recife, 2012. Disponível em: <<https://bit.ly/2I2a9um>>Acessoem: 20/02/2019.

SOLOW, R. M. **A contribution to the theory of economic growth**. Quarterly Journal of Economics, v. 70, n. 1, Feb. 1956.

_____. **Technical Change and the Aggregate Production Function**. Review of Economics and Statistics, 39 (3), 312–320, August 1957.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (SUDENE). **Nova delimitação Semiárido**. 2018. Disponível em: <<http://twixar.me/KHhT>>. Acesso em: 07/12/2019.

TAL, A. **Rethinking the sustainability of Israel's irrigation practices in the drylands**. *Water Res.* 90, 387–394. March, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2OOPj2c>> Acesso em: 10/02/2019.

THE WORLD BANK. **Renewable internal freshwater resources per capita (cubic meters)**. Retrieved from The World Bank. 2017. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.INTR.PC?.end=2014&start=1962>>. Acesso em: 10/02/2019.

TOMASETTO, M. Z. C.; LIMA, J. F.; SHIKIDA, P. F. A. Desenvolvimento local e agricultura familiar: o caso da produção de açúcar mascavo em Capanema – Paraná. **Interações**, Campo Grande, v. 10, n. 1, p. 21-30, 2009.

VIEIRA, Rita Marcia da Silva Pinto et al. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. **Solid Earth**, v. 6, n. 1, p. 347-360, 2015.

VÖRÖSMARTY, Charles J. et al. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. **science**, v. 289, n. 5477, p. 284-288, 2000.

_____. Land use and land cover map of a semiarid region of Brazil for meteorological and climatic models. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 2, p. 129-138, 2013.

XIAO, Yi; HIPEL, Keith W.; FANG, Liping. Incorporating water demand management into a cooperative water allocation framework. **Water Resources Management**, 2016, 30.9: 2997-3012.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Econometric analysis of cross section and panel data**. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2002.