

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E IMPACTOS NA PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NA
PARAÍBA**

PABLO AURÉLIO LACERDA DE ALMEIDA PINTO
UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - UPE
pabloaurelioap@hotmail.com

WALLYSSON KLEBSON DE MEDEIROS SILVA
wallyssonk@gmail.com

LUIZ MOREIRA COELHO JUNIOR
luiz@cear.ufpb.br

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E IMPACTOS NA PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NA PARAÍBA

Resumo:

As atividades humanas potencializaram as emissões e concentrações de gases do efeito estufa, influenciando nas mudanças climáticas observadas até o momento. As condições climáticas podem acentuar, ainda mais, a vulnerabilidade agrícola de uma localidade. Este trabalho analisou o impacto das variáveis climáticas na produção de cana-de-açúcar nos municípios paraibanos, para o período de 1990 a 2015. Investigou de que maneira o comportamento das variáveis temperatura e precipitação influenciam em cada mesorregião. Por meio da função de produção foi estimada uma regressão com dados em painel pelos modelos: Pooled, de Efeitos Fixos e de Efeitos Aleatórios. Para verificar o modelo mais adequado foram realizados os testes de Chow, Hausman, Breusch-Pagan e Wooldridge. O modelo mais aconselhado para ser utilizado foi o Pooled. Os resultados evidenciam que houve impactos das variáveis climáticas na produção de cana-de-açúcar nos municípios paraibanos; a precipitação foi uma condicionante positivamente correlacionada e a temperatura influencia negativamente. Percebe-se uma resposta heterogênea dos impactos para as mesorregiões, os municípios pertencentes a mata paraibana possuem maior probabilidade de produção de cana-de-açúcar em relação as outras mesorregiões.

Palavras-Chave: Agricultura; Mudanças Climáticas; Dados em Painel.

CLIMATE CHANGE AND IMPACT ON THE PRODUCTION OF SUGAR CANE IN PARAÍBA

Abstract:

Human activities have increased emissions and concentrations of greenhouse gases, influencing the climate changes observed so far. Climatic conditions can further accentuate the agricultural vulnerability of a locality. This work analyzed the impact of climatic variables on sugarcane production in the municipalities of Paraíba for the period 1990 to 2015. It investigated how the behavior of temperature and precipitation variables influence each mesoregion. By means of the production function, a regression with panel data was estimated by the models: Pooled, Fixed Effects and Random Effects. To verify the most suitable model, the tests of Chow, Hausman, Breusch-Pagan and Wooldridge were performed. The most recommended model to be used was Pooled. The results show that there were impacts of climatic variables on the production of sugarcane in the municipalities of Paraíba; the precipitation was a positively correlated conditioner and the temperature influenced negatively. It is noticed a heterogeneous response of the impacts to the mesoregions, the municipalities belonging to mata paraibana are more likely to produce sugarcane compared to other mesoregions.

Keywords: Agriculture; Climate changes; Panel Data.

1. INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial no século XVIII, as atividades humanas vêm influenciando nas mudanças climáticas do planeta, com a intensificação das queimadas de combustíveis fósseis, agropecuária, desmatamento e diversas atividades que comprometem direta e indiretamente o equilíbrio natural do planeta, tornando o tema mudanças climáticas um dos eixos permanentes da agenda do século XXI, devido as profundas transformações que a mesma gera, no âmbito social, econômico e político.

Evidências científicas apresentadas no quinto relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*International Panel on Climate Change - IPCC*) concluem que as emissões de gases de efeito estufa (GEE's)¹ vêm crescendo substancialmente no século XXI, principalmente devido ao uso de carvão como fonte de energia. Atualmente, a concentração dos gases na atmosfera é a mais alta desde os últimos 800 mil anos, se nada mudar, a previsão é de que até 2100 a temperatura média global aumente 5°C (IPCC, 2014).

Com o aumento da temperatura, nos próximos anos, estimam-se cenários de clima mais preocupantes, com casos frequentes de eventos extremos, tais como: secas, queimadas, inundações, ciclones tropicais e ondas de calor. Em virtude disso, a agricultura é fortemente atingida, pois culturas tolerantes a altas temperaturas, como a mandioca e cana-de-açúcar serão beneficiadas até o seu limite de tolerância ao estresse térmico, enquanto outras culturas como café, soja e algodão, por exemplo, serão prejudicadas e tenderão a ter uma redução no cultivo e produção (PINTO; ASSAD, 2008).

Existe uma discussão recente sobre mudanças climáticas e sua influência na produção agrícola (WIEBE et al., 2015; CUNHA et al. 2015; CARLOS, 2016; MARSHALL, 2015), devido a necessidade, cada vez mais preponderante, da expansão agrícola, por produtividade de alimentos e recursos naturais. Entende-se que a atividade agrícola é altamente dependente das condições climáticas, pois as mesmas interferem diretamente na produção.

Conforme Domingues et al. (2011) em seu estudo sobre os cenários de mudanças climáticas e agricultura no Brasil, os autores perceberam que a região nordeste é propícia a perdas econômicas, devido as mudanças climáticas, especialmente os municípios mais pobres, alertando-nos a fundamental atenção em prol de políticas públicas voltadas a mitigação e controle de emissões.

Wiebe et al., (2015) ao analisar o impacto do comportamento climático na agricultura, chegaram à conclusão que choques na produção agrícola crescem em cenários de emissões e variam com as mudanças na população, renda e tecnologia, entretanto diminuem em todos os cenários analisados, devido a variações endógenas dos preços. Já Marshall et al., (2015) obtiveram como resultado, ao pesquisar sobre o clima e agricultura americana que ainda que a escassez de irrigação desempenhe efeitos variados sobre o uso de terras cultiváveis, seus impactos na produção são inferiores, comparado as implicações que as mudanças no clima podem afetar no rendimento da agricultura.

Segundo Cunha et al., (2015) os prejuízos econômicos, em decorrência das mudanças climáticas na agricultura, variam de estimativas pequenas no curto prazo até amplas perdas a longo prazo. Além de problemas financeiros, outros problemas podem aparecer, como pobreza rural, migração, doenças, secas e catástrofes naturais. Conforme Carlos (2016), a produtividade

¹ Os gases de efeito estufa são substâncias gasosas com bastante interferência no sistema de controle natural da temperatura da terra, fazendo com que a temperatura cresça em aproximadamente 30 °C. Os principais GEE são: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso N_2O e ozônio (O_3) (DELAZERI; CUNHA, 2015).

de regiões tropicais com baixa latitude, como a maioria dos municípios paraibanos, tende a perder produtividade devido às alterações climáticas, principalmente os municípios que dependem economicamente da agricultura.

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), as mudanças climáticas afetam a agricultura de diversas formas, por meio da má distribuição pluviométrica, na temperatura e nos extremos climáticos, fazendo com que comprometam o ciclo das culturas e da vegetação, diminuindo as safras e afetando a qualidade do produto (MAPA, 2016).

Desta forma, os efeitos das alterações do clima irão afetar sensivelmente todo o globo e suas atividades econômicas e, dessa maneira, ressalta-se a importância de estudos que versem sobre essa problemática numa perspectiva setorial, regional e local (CUNHA et al., 2015).

Partindo-se do pressuposto de que a agricultura está estritamente relacionada aos elementos climáticos, o comportamento da temperatura e precipitação, podem colaborar ou prejudicar as atividades econômicas.

O objetivo geral deste artigo foi estimar o impacto das variáveis climáticas na produção de cana-de-açúcar dos municípios paraibanos para o período de 1990 à 2015. Para isso, utilizou-se a estratégia empírica de regressão com dados em painel.

Este artigo procura contribuir para a análise e discussão acerca dos impactos das mudanças climáticas nos municípios paraibanos, com foco na produção da cana-de-açúcar, sendo uma cultura relevante para compreender as contribuições da agricultura no Estado. Além de auxiliar na implementação e desenvolvimento de políticas públicas de mitigação e adaptação.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Objeto de estudo e fonte de dados

O Estado da Paraíba possui uma área de 56.468,435 km², com densidade demográfica de 66,70 por hab/km², está situado no extremo leste da região Nordeste do Brasil. Estando dividida em quatro mesorregiões, 23 microrregiões e 223 municípios, com população estimada de 3.999.415 habitantes (IBGE, 2016). A mesorregião do Sertão Paraibano agrega sete microrregiões e 86 municípios, em que o município Patos possui maior o índice populacional. A Mesorregião da Borborema é unificada por quatro microrregiões e 43 municípios, a cidade de Monteiro é considerada a mais dinâmica, devido sua influência cultural e econômica na região. A Mesorregião do Agreste Paraibano é constituída por sete microrregiões e 66 municípios, o município de Campina Grande, devido a sua importância econômica, é considerado a cidade do interior mais importante do Estado. A Mesorregião da Mata Paraibana abrange a área litorânea do Estado, incorporada por quatro microrregiões e 22 municípios, a capital do Estado, João Pessoa, encontra-se nessa mesorregião, sendo o maior centro econômico e populacional da Paraíba (IBGE, 2016). A Figura 1 mostra a localização da Paraíba, bem como suas mesorregiões, no Brasil e na região nordeste.

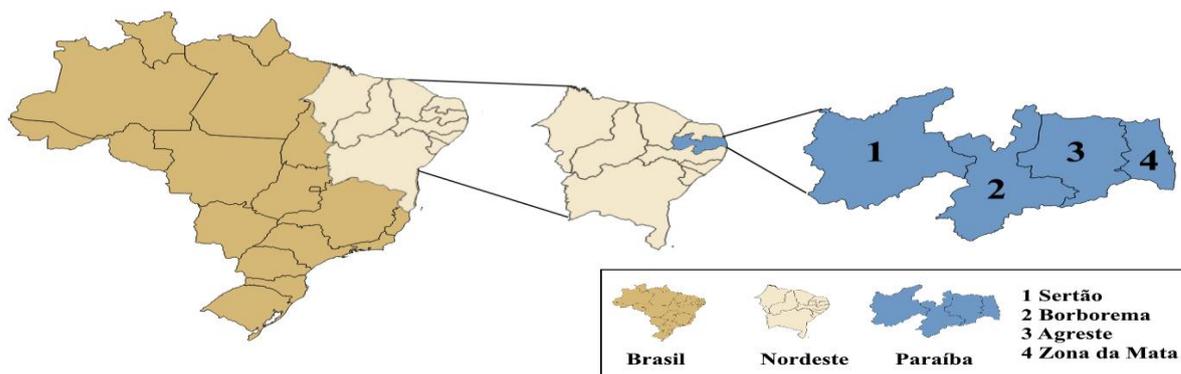


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo

A variável produção da cana-de-açúcar foi mensurada quantidade produzida, em tonelada (t), obtida no Sistema de Recuperação Automática (SIDRA) do IBGE, no período compreendido entre os anos de 1990 a 2015.

Os dados climatológicos utilizados foram: precipitação total anual, em milímetros (mm), e temperatura média anual, em graus Celsius (°C), para os municípios paraibanos. Levou-se em consideração que as alterações do clima são um fenômeno de médio e longo prazo, o período de análise foi no intervalo de tempo de 26 anos entre 1990 e 2015. Os dados foram coletados da base de dados CL 3.21 do *Climate Research Unit – CRU/University of East Anglia*².

2.2 Modelos de Dados em Painel

Para análise das variáveis utilizadas nessa pesquisa, utilizou-se o modelo econométrico de Dados em Painel, realizado pelo *software Stata*[®] 13, aplicou-se a técnica de regressão com dados em painel, também conhecida como dados combinados, é um método empregado para incorporar uma combinação de séries temporais e de observações em corte transversal (BALTAGI, 2005; HSIAO, 2014).

Deste modo, este tipo de especificação econométrica permite que sejam combinados os dados de cada município estudado levando-se em consideração cada um dos anos considerados na análise. Pode-se destacar algumas vantagens ao se trabalhar com dados em painel em relação ao modelo de corte transversal, se mencionar ao fato de que esses modelos verificam a heterogeneidade presente nos indivíduos. Ressalta-se também, o fato dos dados em painel admitir a aplicação de um número maior de observação, portanto, ampliando o número de graus de liberdade e diminuindo a correlação entre duas ou mais variáveis independentes e explicativas (HSIAO, 2014).

Ao utilizar dados em painel, as propriedades assintóticas dos estimadores, as propriedades assintóticas dos estimadores são conjugadas. Conforme Greene (2012) o modelo geral para dados em painel pode ser descrito como na equação abaixo:

$$Y_{it} = Z_i\alpha + x_{it}\beta + \epsilon_{it} \quad (1)$$

em que:

i = unidade de observação no espaço (município com produção de cana-de-açúcar na Paraíba)

t = unidade de observação no tempo (1990-2015)

x_{it} = vetor 1 x K de variáveis exógenas;

Z_i = fator de medição de heterogeneidade

ϵ_{it} = termo de erro independente

σ, α e β = parâmetros do modelo

Tendo em vista que, os municípios a estudados compõem os municípios Paraibano com produção de cana-de-açúcar e o intervalo de tempo analisado compreende os anos entre 1990 a 2015. As variáveis exógenas podem sofrer variações entre os municípios e anos considerados.

Dependendo do pressuposto realizado sobre o termo β_i , distintos modelos poderão ser examinados, sendo eles: *pooled*, de efeito fixo ou aleatório.

Se Z_i contém apenas a constante, logo o modelo do Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) propiciará estimadores constantes e eficientes para o coeficiente comum α e para o vetor de inclinação β . Este modelo apenas pondera dados de maneira empilhada, sem levar em conta as particularidades dos municípios, assim como a evolução destes atributos ao longo do

² A unidade original dos dados era grid, no qual é determinado como cada célula de um modelo de dados espaciais, as quais inclui um valor de atributo e coordenadas de localização. Através do *software QGis* (versão 2.18), os pontos de grid foram unidos às fronteiras municipais utilizando suas coordenadas de latitude e longitude, produzindo médias de temperatura e precipitação para cada município paraibano.

tempo, modelos que proporcione tais características ao longo do tempo. Modelos com essa distinção são designados de modelos de dados empilhados ou *pooled*;

Uma vez que Z_i não for observado, contudo correlacionado com os regressores X_{it} , o estimador de MQO será inconsistente. Podemos descrever a equação da seguinte forma:

$$Y_{it} = (\delta + \alpha_i) + x_{it}\beta + \epsilon_{it} \quad (2)$$

em que,

α_i = é um elemento do intercepto

δ = é constante que designa a parcela comum a todos os municípios ou no tempo estimado.

Sabe-se que α_i é uma constante específica para cada município de seção cruzada (municípios) ou no tempo. Esse modelo é denominado de modelo de efeitos fixos. Dessa forma, se Z_i for uma condição não observada e não correlacionado com os regressores x_{it} , logo ele é um elemento do termo de erro. Assim, a equação pode ser descrita como:

$$Y_{it} = \delta + x_{it}\beta + (\alpha_i \epsilon_{it}) \quad (3)$$

Nesta situação, apesar dos estimadores de MQO estejam consistentes, eles serão ineficientes. Neste sentido, α_i é um componente aleatório, o modelo é então chamado de modelo de Efeitos Aleatórios.

2.2.1 Modelo Pooled (POLLS)

Segundo Cameron e Trivedi (2009) o primeiro modelo que deve ser empregado ao utilizar a técnica de regressão com dados em painel é o modelo POLS (*pooled ordinary least squares*), no qual assume que a conduta das observações seja semelhante para todos os municípios analisados. Além de que, ao longo do tempo examinado, todas as observações são uniformes tanto no coeficiente constante quanto nos coeficientes angulares. Assim, assume-se que os regressores sejam exógenos e que o termo de erro seja μ_{it} , em vez da decomposição $\alpha_i + \epsilon_{it}$. Deste modo a especificação básica deste modelo é:

$$Y_{it} = \beta_0 x'_{it} \beta_1 \mu_{it} \quad (4)$$

2.2.2 Modelo de Efeitos Fixos

De acordo com Verbeek (2000) no modelo de efeito fixo as mudanças nos elementos são iguais para todas as unidades e períodos. Contudo, cada elemento proporciona particularidades heterogêneas sob os outros. Assim, este modelo torna-se apropriado quando a variável independente do elemento pode se relacionar com um ou mais regressores.

Deste modo, o modelo efeitos fixos almeja controlar os efeitos das variáveis omissas que variam entre municípios e encontram-se constantes ao longo do tempo. Este modo, supõe que o intercepto varia de um município para outro, mas sendo constante ao longo do tempo, razão pela qual o modelo é denominado Efeitos Fixos. Conforme Hill et al. (1997) o modelo é dado por:

$$Y_{it} = \alpha_i + x_{it}\beta + \eta_{it} \quad (5)$$

em que

$\alpha_i = Z_i\alpha$, sendo Z_i a heterogeneidade individual que contém um termo constante e um conjunto de variáveis não observadas.

2.2.3 Modelo de Efeito Aleatórios

O modelo de Efeitos Aleatórios estima os elementos de variância para os grupos (ou tempos) e o erro considerando mesmos interceptos e inclinações. Dessa forma, esse modelo tem os mesmos pressupostos que o modelo de Efeitos Fixos, ou seja, que o intercepto é suscetível de variação entre os municípios, contudo não é passível de variação ao longo do tempo. Todavia, o modelo de Efeitos Aleatórios possui o termo erro em dois componentes, um sistemático e outra não sistemático, sendo ambas não correlacionada com os regressores. Assim, faz com que o componente específico de cada cidade e as variáveis explicativas usadas

no modelo sejam não correlacionados.

Dessa forma, como neste modelo os erros das unidades de seção cruzada observadas em diferentes períodos de tempo são correlacionados, o método de aplicação dos Mínimos Quadrados Ordiniais (OLS) são infringidos (homogeneidade). Nesta situação, o método mais adequado para a estimação dos coeficientes é o método dos Mínimos Quadrados Generalizados – MQG (GREENE, 2012). No qual pode ser representado da seguinte maneira:

$$Y_{it} = \alpha_i + X_{it}\beta + V_{it} \quad (6)$$

em que

$$V_{it} = U_i + \eta_{it}.$$

2.2.4 Regressões envolvidas no modelo de dados em painel

Objetivando analisar o impacto das mudanças climáticas na produção canavieira, foram efetivados seis diferentes modelos de regressão de dados em painel, com diferentes considerações sobre os estimadores e os termos de erro. Os modelos estimados foram: POLS com Erros-Padrão Robustos Clusterizados, Modelo com Estimador Between, Efeitos Fixos, Efeitos Fixos com Erros-Padrão Robustos Clusterizados, Efeitos Aleatórios e Efeitos Aleatórios com Erros-Padrão Robustos Clusterizados. A Tabela 1, mostra as variáveis utilizadas em cada regressão.

Tabela 1: Variáveis determinantes da produção da cana-de-açúcar

Variável	Coeficientes		
	Regressão 1	Regressão 2	Regressão 3
<i>Constante</i>	X	X	X
<i>Temperatura</i>	X	X	X
<i>Precipitação</i>	X	X	X
<i>Agreste Paraibano</i>		X	
<i>Borborema</i>		X	
<i>Mata Paraibana</i>		<i>Referência</i>	X
<i>Sertão Paraibano</i>		X	

Nota: “X” indica as variáveis utilizadas em cada regressão.

Fonte: Dados da pesquisa

A estimação foi realizada a partir de uma regressão para os anos de 1990 a 2015, em que se estimou uma equação econométrica que relacionou a variável de precipitação total e temperatura média, sobre a variável dependente: produção de cana-de-açúcar.

2.3 Testes Econométricos para modelos de dados em painel

Para decidir qual modelo econométrico mais adequado, torna-se necessário a realização de testes, no qual destinam a confirmar se as hipóteses armazenadas para as estimações são ou não confirmadas. Dessa maneira, para identificar os prováveis vieses na estimação e avaliar o comportamento conjunto de determinados dados, ponderou as diferenças existentes entre os municípios e as especificidades de cada período de tempo que compõem a amostra.

2.3.1 Teste de Chow

O teste de Chow averigua a melhor escolha entre o modelo *pooled* e o modelo de efeitos fixos, no qual calcula-se de maneira separada regressões para cada conjunto de dados averiguando a diferença nas equações estimadas. Assim, com esse teste, torna-se possível verificar se os parâmetros são estáveis durante o período analisado. Vale destacar que, em situação que a diferença seja significativa, a própria sugere uma mudança estrutural na relação. Evidencia-se que o teste parte do fundamento de que a data da mudança estrutural seja conhecida (GUJARATI; PORTER, 2008). O teste de Chow é representado pela Equação 7:

$$FC = \frac{R^2_{ef} - R^2_{pooled}}{\frac{m}{\frac{1 - R^2_{ef}}{N - K}}} \quad (7)$$

em que,

R^2_{ef} = o coeficiente de determinação ajustado

$N - K$ = o número de regressores do modelo com efeitos fixos,

R^2_{pooled} = o coeficiente de determinação ajustado

m = o número de regressores do modelo *Pooled* respectivamente.

As hipóteses nula e alternativa do teste de Chow são:

- Hipótese nula: modelo *Pooled* é o mais adequado
- Hipótese alternativa: modelo de efeito fixo é o mais adequado.

De maneira geral, a hipótese nula do teste de Chow de que o intercepto seja o mesmo para todas as unidades individuais, ou seja, de que o modelo *pooled* é mais aconselhável ao modelo de efeitos fixos. Se a hipótese nula for rejeitada, o modelo de efeitos fixos será o mais apropriado.

2.3.2 Teste de Hausman

O teste de Hausman testa a ortogonalidade entre os efeitos aleatórios e os regressores, além de avaliar se os estimadores de efeitos fixos e de efeitos aleatórios são significativamente diferentes (HSIAO, 2014). De forma geral, o teste irá auxiliar na decisão de utilizar o efeito fixo ou aleatório. A especificação do teste de Hausman (1978) é apresentada na Equação 8.

$$H = (\beta_{ea} - \beta_{ef})' (\Sigma_{ef} - \Sigma_{ea})^{-1} (\beta_{ea} - \beta_{ef}) \quad (8)$$

em que,

β_{ea} = vetor de coeficiente estimados pelo efeito aleatório

β_{ef} = vetor de coeficientes estimados por efeitos fixos

Σ_{ef} e Σ_{ea} = caracterizam as matrizes de covariância do modelo de efeitos aleatórios (PINDYCK, RUBINFELD, 1998).

As hipóteses do teste de Hausman são:

- Hipótese nula: $[E(\alpha_i/X_{kit}) = 0]$ não são correlacionadas], isto é, $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 \dots = \alpha_k$
- Hipótese aleatória: $[E(\alpha_i/X_{kit}) \neq 0]$ são correlacionadas], ou seja, $\alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3 \dots \neq \alpha_k$

A hipótese nula recomenda que o modelo de Efeitos Aleatórios seja o mais adequado, ao mesmo tempo que a hipótese alternativa aconselha que o modelo de Efeitos Fixos seja o que tenha a melhor adequação aos dados. Perante a hipótese nula de que o modelo de Efeitos Aleatórios é o mais apropriado, a estatística H oferece uma distribuição assintótica que se aproxima de uma distribuição Qui-Quadrado (X^2) em K graus de liberdade, em que K atribui-se ao número de parâmetros estimados (GREENE, 2012).

A diferença entre os modelos é que o modelo de Efeitos Fixos implica a presença da correlação entre as variáveis explicativas e o efeito fixo, já o modelo de Efeitos Aleatórios presume a falta dessa correlação. Se a hipótese nula é rejeitada, dar-se preferência ao modelo de Efeitos Fixos.

2.3.3 Teste do multiplicador de Lagrange Breusch-Pagan

O teste de Multiplicadores de Lagrange é empregado para escolha da melhor estimativa entre o modelo *pooled* e o modelo de efeitos aleatórios, no qual examina a hipótese de que a variância dos resíduos individuais é igual a zero. As hipóteses nulas e alternativas do teste são:

- Hipótese nula: $\sigma_{\mu}^2 = 0$
- Hipótese alternativa: $\sigma_{\mu}^2 \neq 0$

Se a hipótese nula for aceita, o método de *Pooled* torna-se preferível, quando confrontamos ao modelo de efeitos aleatórios. Porém se a hipótese nula não for aceita, a melhor opção é utilizar o modelo de efeito aleatório, ao invés do modelo de POLS. De acordo com

Greene (2012) perante a hipótese nula, a estatística LM tem distribuição X^2 com um grau de liberdade, compondo a seguinte equação:

$$LM = \frac{nT}{2(T-1)} \left[\frac{(e' \bar{e})(\bar{e}' T^2)}{e' e} \right]^2 \sim X^2 \quad (9)$$

em que,

T = remete ao número de unidades de tempo;

n = número de subdivisões cruzadas;

e = refere-se ao vetor de resíduos do modelo de MQO;

\bar{e} consiste no vetor $n \times 1$ da média dos resíduos de um grupo específico do modelo *pooled*.

2.3.4 Teste de Wald e de Wooldridge

O teste de Wald usa a primeira defasagem dos resíduos da regressão para testar a presença de autocorrelação e heterocedasticidade. Assim, testa-se a hipótese nula de igualdade entre a variância de todas as unidades amostrais contra a hipótese alternativa de variâncias distintas entre as unidades. Dessa forma:

- Hipótese nula: ausência de heterocedasticidade;
- Hipótese alternativa: presença de heterocedasticidade.

Em vista disso, a não rejeição da hipótese nula recomenda que o modelo seja homocedástico e que a variância de cada painel pode ser apontada em conjunto. De acordo com Wooldridge (2013), o teste sugere a existência de heterocedasticidade quando a variância dos termos de erro da regressão não seja constante no passar do tempo.

Enquanto que, a correlação serial, é testada regredindo os resíduos do modelo especificado contra os resíduos da regressão defasada p vezes (WOOLDRIDGE, 2013). Logo, as hipóteses do teste e a regressão dos resíduos são, respectivamente:

- Hipótese nula: ausência de autocorrelação serial;
- Hipótese alternativa: presença de autocorrelação serial.

$$e_{it}^{\hat{}} = p_1^{\hat{}} e_{i,t-1}^{\hat{}} + erro_{it} \quad (10)$$

Utilizou a estatística de teste t de Student para ponderar $p_1^{\hat{}}$ perante a suposição de que os erros e_{it} têm variância constante no tempo t e são serialmente não correlacionados. Uma vez diferenciada a existência de autocorrelação e, ou heterocedasticidade, métodos de correção considerando erros padrão robustos ou por bootstrap devem ser empregados.

2.4 Formalização matemática do modelo utilizado

Para testar satisfatoriamente a hipótese realizada neste estudo, partiu-se de pressupostos de uma função de produção, utilizando uma derivada parcial da função de produção em relação ao fator, combinando-se, por meio de variáveis climáticas, chegando-se à seguinte especificação empírica, cujas variáveis explicativas são:

$$Pcana_{it} = \beta_{0i} + \beta_1 \cdot (temp)_{it} + \beta_2 (precip)_{it} + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

em que:

$Pcana_{it}$ = produção da cana-de-açúcar, em toneladas, no município i e no tempo t ;

β_1 e β_2 = as mudanças da cana-de-açúcar quando uma unidade de temperatura média anual é gerado, ou quando uma unidade de precipitação total anual é proporcionada, respectivamente, mantidas as demais condições constantes;

ε_{it} = representa o termo de erro ou fatores não observados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização dos municípios paraibanos

No que tange os indicadores sociais, a taxa de urbanização da Paraíba é de 75,4%, do Nordeste 73,1% e do Brasil 84,4%. Sobre o saneamento básico, apenas 33% dos municípios

paraibanos possuem coleta de esgoto, sendo inferior ao Nordeste 42,9% e a média brasileira de 65,3%. A taxa de analfabetismo do Brasil é de 8%, enquanto que o nordeste, tem a maior taxa brasileira com 16,2%, apesar da diminuição da última pesquisa de 0,4%, já na Paraíba a taxa de analfabetismo é de 23,5%. O Índice de desenvolvimento Municipal está em 0,658, mesmo com um aumento de 0,152, o Estado da Paraíba encontra-se na 23ª colocação entre os Estados brasileiros, enquanto que o do Brasil está em 0,727, tendo um aumento de 0,115 da pesquisa anterior. Em relação ao índice de Gini, no período de 2014 a 2015, a região nordeste foi de 0,490 para 0,484, já no Brasil passou de 0,497 para 0,491, enquanto que na Paraíba, o índice está em 0,501 (IBGE, 2014; PNUD, 2013; SNIS, 2017). Ou seja, um Estado com profundas mazelas e vulnerabilidades sociais.

Economicamente, o PIB do Estado a preços correntes é de R\$ 52,936 milhões de reais, enquanto que o Produto interno bruto per capita está em R\$ 13.422,2 reais. A população economicamente ativa do Estado é de 59,3%, sendo que 40,30% ocupam cargos no setor de serviços, 23,38% na agropecuária, 15,55% no comércio e 20,77% em outros setores da economia. Os principais centros industriais do Estado são: a Região Metropolitana de João Pessoa, Campina Grande, Cajazeiras, Patos, São Bento e Sousa. Destacam-se também as exportações do Estado, sendo os produtos mais exportados: Açúcar, álcool etílico, calçados, granito, roupas, sisal e tecidos. O turismo, atualmente, também vem contribuindo economicamente para a renda dos Paraibanos, sendo eleito o melhor destino turístico em 2013, pela revista Brasil Travel News (IBGE, 2014; PNUD, 2013).

A agricultura é a principal atividade econômica do Estado da Paraíba, sendo as principais culturas: abacaxi, algodão, cana-de-açúcar, milho e feijão. Atualmente, o Estado apoia a agricultura com 852 milhões de reais. Contudo, mesmo com tamanha importância para a região, a agricultura comparece de uma produtividade baixa, devido ao seu nível técnico considerado ultrapassado (IBGE, 2014).

A vulnerabilidade do setor agrícola, em relação às condições climáticas, pode ser mensurada através do grau em que um sistema econômico seja suscetível aos seus efeitos. Dessa forma, o nível de vulnerabilidade é estabelecido por fatores socioeconômicos e ambientais, como infraestrutura, pobreza e variação climática. A habilidade de adaptação do município é outra forma que intervém no grau de exposição às mudanças climáticas (IPCC, 2014).

Diante do exposto, percebe-se que as condições socioeconômicas e climáticas, típicas da Paraíba, corroboram para a urgência na construção de análises, envolvendo as mudanças climáticas e agricultura. Evidencia-se que, as mudanças climáticas afetam direta e indiretamente a agricultura no Estado, pois conforme dados do IBGE em 2012, houve redução de 25,9% na produção agrária do Estado, devido aos elementos climáticos (IBGE, 2014).

3.2 Análise comparativa da produção de cana de açúcar, temperatura e precipitação entre Paraíba, Nordeste e Brasil

A princípio, serão mostrados os resultados preliminares da caracterização da amostra utilizada. Em seguida, serão expostos os resultados obtidos, por meio da análise dos principais fatores que impactaram a produção da cana-de-açúcar, na Paraíba, no período de 1990 a 2015.

Com a finalidade de comparação, os dados da Tabela 2 apresentam a evolução da produção da cana-de-açúcar, no Estado da Paraíba, na região Nordeste e no Brasil, obtidos nos períodos de 1990, 2000, 2010 e 2015, sendo a porcentagem a diferença entre uma variante em outra. Dessa forma, as primeiras % são a variação de participação da Paraíba frente à região Nordeste e a segunda, a variação de participação da região Nordeste em relação ao Brasil.

Tabela 2: Evolução da Produção da cana-de-açúcar no Brasil, Nordeste e Paraíba, no período de 1990 a 2015, em milhões toneladas (10^6 t).

Ano	1990	2000	2010	2015
-----	------	------	------	------

Paraíba	8,28	3,99	5,65	6,80
Nordeste	71,69	58,86	68,79	61,55
Brasil	262,67	326,12	717,46	748,63

Fonte: Dados da pesquisa

Dessa forma, ao analisarmos a Tabela 2, percebemos que a produção canavieira do Brasil vem crescendo no decorrer dos anos. No Nordeste e na Paraíba, observa-se uma alta produção da cana-de-açúcar em 1990, mostrando uma grande queda no ano 2000 e uma recuperação de 2010 em diante. Em relação ao Nordeste a Paraíba tem participação na produção da cana-de-açúcar de 12% em 1990, 7% em 2000, 8% em 2010 e 11% em 2015, ou seja, vem recuperando sua participação no cenário nordestino, após uma brusca queda. No que tange sua participação no cenário nacional, a Paraíba apresenta uma participação pequena, de 3,2% em 1990, 1,2% em 2000, de 0,8% em 2010 e 0,9% em 2015, ou seja, em relação a produção em toneladas brasileira, a Paraíba ainda apresenta uma pequena participação. A Tabela 1 demonstra bem esse cenário, no qual solidifica o papel do Brasil como maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, apresentando uma maior concentração da produção de cana-de-açúcar no centro-sul do país. O aumento observado no Brasil não foi acompanhado por um aumento proporcional na produção no Nordeste e na Paraíba, devido à falta de investimentos em inovação, máquinas e equipamentos com tecnologia e pesquisa avançada, além de condições climáticas desfavoráveis.

A Figura 2a e 2b mostram o comportamento das variáveis climáticas de precipitação total e temperatura média no período entre 1961 a 2015, de maneira a efetuar comparações e perceber, através de uma série temporal, como vem se comportando essas variáveis na Paraíba, Nordeste e no Brasil em sua totalidade.

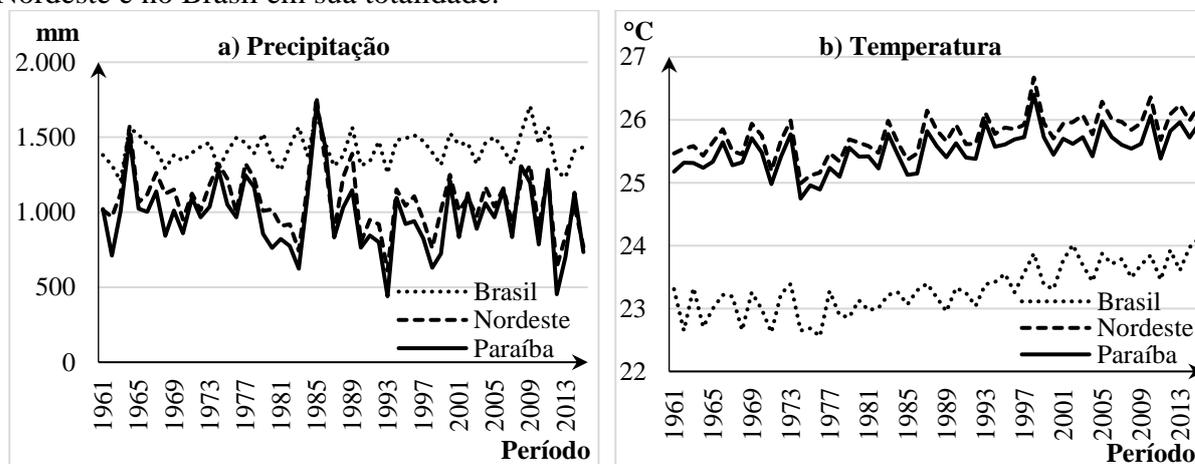


Figura 2: Precipitação total (em: mm) e Temperatura média (em: °C) do Brasil, Nordeste e Paraíba entre 1961 e 2015

Fonte: CRU/University of East Anglia15

No que se refere ao padrão histórico de temperatura, demonstra tendência de aumento. Podemos notar na Figura 2b esse crescimento, especialmente no Brasil. Assim, no Brasil, a temperatura média variou entre 24,12 °C e 22,55 °C. Para o Nordeste variou entre 26,67 °C e 24,99 °C, enquanto que na Paraíba variou entre 26,39 °C e 24,74 °C. O padrão de aumento de temperatura nos últimos anos é consistente, visto que em nossa análise compreendida entre 1990-2015, a maior temperatura média dos municípios brasileiros foi em 2015. Esses resultados estão em concordância com a literatura mundial, uma vez que em 1990 o IPCC distinguia a década de 1980 como a mais quente. Em seguida, essa afirmativa ganhou atualizações em seu novo relatório em 1995, o IPCC alegou que os últimos anos estavam entre os mais quentes.

Posteriormente, em 2007, a organização assinalava que entre 1995 e 2006 reuniu onze dos doze anos mais quentes já registrados (IPCC, 2014).

Com base na Figura 2.a, podemos entender que o volume de precipitação anual se manteve relativamente estável ao longo do período no Brasil, Nordeste e Paraíba, oscilando entre 800 mm e 1200 mm no Nordeste e Paraíba, com uma média de 1073 mm no Nordeste e 976 mm na Paraíba, enquanto que no Brasil houve uma variação de precipitação anual entre 1200 mm e 1600 mm, com uma média de 1422 mm. A única ressalva foi no ano de 1985, no qual apontou um aumento de precipitação na Paraíba (1713 mm) e no Nordeste (1767 mm), ultrapassando, inclusive, a precipitação anual do Brasil, que foi de 1649 mm.

No que se refere a produção da cana-de-açúcar na Paraíba, o produto agrícola mais produzido no Estado da Paraíba, de acordo com o IBGE é a cana-de-açúcar. Em 2015, foram produzidas 6.801.981 toneladas de cana-de-açúcar (IBGE, 2016). Conforme os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), na safra 2015/16 a cana-de-açúcar, obteve uma média de produtividade de 44.327 kg/ha, com uma produção de 5.532,5 mil toneladas. Enquanto que, na safra 2016/17, houve uma redução na produção canavieira, a produtividade média foi de 44.014 kg/ha e a produção total de 4.856,1 mil toneladas. Assim, ocorreu uma redução de 12,2% na produção, esse decréscimo ocorreu devido a diminuição na pluviosidade e má distribuição das chuvas, no segundo semestre desta safra (CONAB, 2017).

Porém, a Paraíba, vem apresentando tendências de crescimento na produção canavieira, na qual teve uma grande produção entre 1982 a 1992, foram dez anos de produção, com valores em toneladas de cana-de-açúcar entre 7.196 e 10.747, como pode ser visualizado no Figura 3. Esse aumento foi estimulado pelos recursos do programa do álcool (Proálcool).

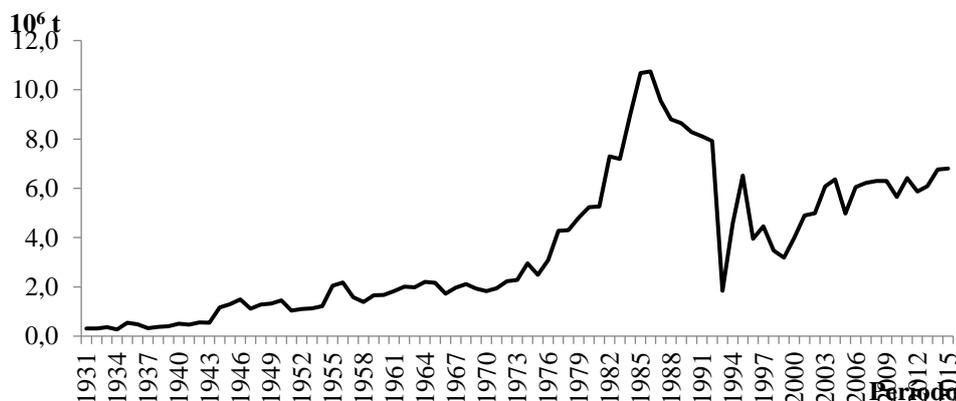


Figura 3: Quantidade produzida em milhões de toneladas (10^6 t) da cana-de-açúcar na Paraíba entre 1931-2015

Fonte: IBGE; IPEA (2015)

De acordo com Bacchi e Caldarelli (2015) as variáveis climáticas, como temperatura e precipitação, são os elementos que mais influenciam na produção da cana-de-açúcar, na Paraíba. Dados da Associação de Plantadores de Cana da Paraíba (ASPLAN) confirmam as pesquisas acadêmicas, na qual retratam que desde 2012 vem ocorrendo anormalidade pluviométrica e seca no período agrícola, que como consequência acarretam problemas para o produtor (ASPLAN, 2014).

Segundo Coutinho et al. (2016) em uma pesquisa feita por meio de entrevistas estruturadas com produtores do Estado da Paraíba, constataram que, a produção da cana-de-açúcar sofre redução na produção, devido à falta de tecnologias empregadas na colheita, pois apenas 40% da colheita é feita de forma mecanizada. A falta de recursos financeiros e a declividade da Zona da Mata, maior produtor do Estado, torna-se um dos principais fatores para mudança do manual para mecânico, haja vista que boa parte da área é de preservação ambiental, fazendo com que o estado seja economicamente pouco competitivo.

A Figura 4 mostra a distribuição geográfica da produção média da cana-de-açúcar para os municípios e mesorregiões do Estado da Paraíba, no período de 1990 a 2015.

A Figura 4.b. expõe a distribuição geográfica da produção média de cana-de-açúcar nos municípios do Estado da Paraíba. A análise do mapa comprova visivelmente que há uma concentração de produção média na Zona da Mata e nos municípios adjacentes, enquanto que as menores produções são observadas no meio do Estado, nas áreas da Borborema e parte do Agreste, ocorrendo indicativos da presença de autocorreção espacial para esta variável.

Dessa forma, as áreas de produção da cana-de-açúcar com potencial produtivo, conforme o IBGE são de 72 cidades, com plantações por hectares entre 2 e 19.000. As localidades com maiores áreas de hectares da cana são: Sapé, Santa Rita, Pedras de Fogo, Rio Tinto, Mamanguape, Cruz do Espírito Santo, Juripiranga, Caaporã, Alhandra, Mataraca, Marcação, Pitimbu, Jacaraú, Itapororoca e Mari. Colocando o estado como terceiro maior, na questão de área plantada, porém o segundo menor em termos de produção do nordeste.

Com base na estimativa realizada, foram procedidos os cálculos da produção média de cada mesorregião do Estado da Paraíba, para avaliar melhor o panorama da cana-de-açúcar no Estado, como mostrada na Figura 4.a.

Portanto, evidencia-se uma heterogeneidade entre as mesorregiões no Estado da Paraíba, exemplo claro dessa heterogeneidade é a concentração produção da cana-de-açúcar na Zona da Mata. Percebe-se que fatores climáticos como precipitação é um elemento básico que distingue a produção canavieira de cada mesorregião. As diferenças regionais também estão relacionadas à adoção de técnicas de produção e irrigação.

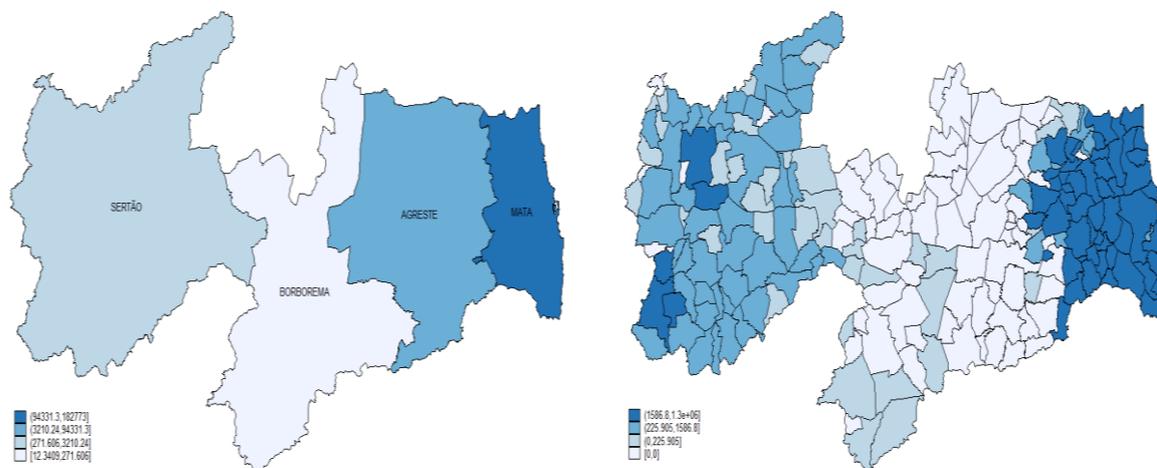


Figura 4: Produção média de cana-de-açúcar (em toneladas) nas mesorregiões e nos municípios da Paraíba, no período 1990 a 2015.

Fonte: Elaboração Própria

3.3 Análise do Efeito do Clima na Produção da Cana-de-Açúcar

Os resultados das estimativas da equação (10) são apresentados na Tabela 4. De maneira a certificar a robustez dos sinais e significância dos parâmetros, foram testadas diversas especificações alternativas, ora abrangendo apenas as variáveis climáticas, como é comum em estudos desta natureza, ora acrescentando *dummy* nas variáveis. Vale ressaltar que os testes para a detecção e correção de heterocedastidade e autocorrelação foram realizados, do mesmo modo que os testes de identificação do modelo que melhor se adequa aos dados.

Dentre os modelos analisados: Pooled (POLS), Efeitos Fixos e Efeito Aleatório, optou-se pelo modelo Pooled. A escolha do modelo Pooled se deu após concretizar os resultados nos

testes de Chow, Hausman, Breusch Pagan e Wooldridge, que foram empregados para definir qual modelo é mais adequado. A Tabela 3 demonstra que o valor p dos testes, ao nível de significância de 1%, sendo o modelo Pooled o mais adequado com 0.567, aceitando-se a hipótese nula do teste de Chow.

Tabela 3: Testes econométricos para os modelos de dados em painel

Tipo de teste	Estatística	p-valor
Chow	9.81	0.567
Hausman	18.67	0.000
Breusch Pagan	4719.00	0.000
Wooldridge	243.00	0.989

Fonte: Dados da pesquisa

A seguir, na tabela 4, encontram-se o resultado das estimações dos impactos das alterações climáticas, na produção da cana-de-açúcar, as variáveis explicativas do modelo estimado pelo método *Pooled*, no qual não leva em consideração a especificação do efeito individual omitido. Validou-se as estimativas através dos testes econométricos. Para a formação destes resultados, foram considerados um total de 2371 observações e 221 municípios.

Tabela 4: Resultado das estimativas para os municípios paraibanos

Variável	Coeficientes		
	Regressão 1	Regressão 2	Regressão 3
<i>Constante</i>	118366.7*** (51229.39)	395074.3 (65074.73)	148262.9*** (43200.81)
<i>Temperatura</i>	-8336.494*** (2038.234)	-10486.42*** (2911.65)	-7274.726*** (1741.219)
<i>Precipitação</i>	138.4852*** (12.93632)	56.12253*** (14.26614)	49.6427*** (10.82065)
<i>Agreste Paraibano</i>		-179275.5*** (12875.71)	
<i>Borborema</i>		-180478.7*** (13042.79)	
<i>Mata Paraibana</i>		<i>Referência</i>	173855.9*** (12476.65)
<i>Sertão Paraibano</i>		-165268.4*** (13284.97)	
Nº observações	2371	2371	2371
Nº municípios	221	221	221

Níveis de significância: ***Significativo a 1%; **Significativo a 5%; *Significativo a 10%.

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados estimados com o modelo *Pooled*, representados na tabela 4, permitem, ainda, dizer que, de modo geral, as variáveis precipitação e temperatura foram significativas para este modelo, ao nível de 1%.

Na regressão 1 observa-se uma correlação positiva, ao calcular a derivada parcial da produção em relação a temperatura, aumentando-se 1 grau °C de temperatura em uma unidade, o impacto da produção será de -8336.494. Enquanto que, ao aumentar em uma unidade a precipitação, ocorre um aumento de produção da cana-de-açúcar de 138.4852. Esse resultado é dado pela derivada parcial da produção da cana em relação a precipitação.

Como pode ser verificada, a variável precipitação se mostrou estatisticamente

significativa, para explicar a variável dependente produção. Assim sendo, o coeficiente positivo da variável mostrou-se de acordo com o previsto. Dessa forma, podemos afirmar que um aumento na variável precipitação está associado a um aumento na variável produção da cana-de-açúcar.

Em relação à variável temperatura, a mesma apresentou-se significativa para explicar a variável produção, porém demonstrou um sinal negativo, sinalizando que quanto maior a variação da temperatura, menor tende a ser o desempenho da produção canavieira.

Na regressão 2 criou-se uma variável *dummy* para representação das mesorregiões. Quando se faz uma análise para *dummy* regionais o modelo sempre vai escolher uma mesorregião de referência. A ideia é averiguar alguma influência das disparidades regionais existentes sobre a dinâmica de produção canavieira para as mesorregiões paraibanas.

Deste modo, na regressão 2 ao comparar as estimativas das mesorregiões Sertão Paraibano, Borborema e Agreste Paraibano com a Mata Paraibana (referência), percebe-se um comportamento heterogêneo entre as mesorregiões. Dado que em relação a mata paraibana os municípios que estão no agreste tem uma propensão de produção de -17.9275,5 toneladas. Logo, mantido tudo mais constante, se um município pertencer ao Sertão, isso vai impactar na produção menor de -16.5268,4, enquanto que a Borborema tem uma probabilidade de produção negativa de -18.0478,7. Assim sendo, em relação a mata paraibana as outras mesorregiões da Paraíba são negativas, logo são estatisticamente insignificantes. O resultado comprova que, de fato, existiu uma produção regional desigual entre as mesorregiões.

Na regressão 3, ao contrário da regressão 2, na qual a Mata paraibana era referência; agora as outras mesorregiões são referências. Então, em relação as mesorregiões do agreste, da Borborema e do sertão, os municípios que estão presentes na mata paraibana, têm uma propensão a ter uma tendência na produção de 1.73855,9 toneladas em média a mais que as outras mesorregiões. Deste modo, comparando a mata em relação as outras três mesorregiões paraibanas, o impacto de produção da cana-de-açúcar é significativo, logo um município que está presente na mata paraibana em comparação as outras mesorregiões impacta positivamente na produção da cana-de-açúcar.

O painel empregado nas estimações abrangeu vinte e seis anos e os dados estatísticos e econométricos não proporcionaram as médias decrescentes que eram esperadas para a variável precipitação, que em um contexto mundial a literatura e os documentos oficiais como o IPCC indicam. Ou seja, a literatura mundial vem mostrando tendências para redução da precipitação e aumento das temperaturas.

Dessa forma, os resultados expostos oferecem alguns subsídios para entendermos os efeitos das variáveis climáticas na Paraíba, levando-se em conta as disparidades regionais entre as mesorregiões, a abrangência temporal e a importância do impacto das mudanças climáticas, na agricultura.

4 CONCLUSÕES

Considerando as análises descritas neste estudo, conclui-se que:

As variáveis de controle se expressaram estatisticamente significativas para explicar a variável produção.

A precipitação é uma condicionante positivamente correlacionada, já a temperatura influencia negativamente na produção canavieira dos municípios paraibano.

Percebe-se uma resposta heterogênea sob os impactos nas mesorregiões, pois os municípios pertencentes a mata paraibana possuem maior probabilidade de produção de cana-de-açúcar em relação as outras mesorregiões.

Os municípios que tem uma média de precipitação maior, produzem mais cana-de-açúcar. Enquanto que, aqueles municípios que tem uma precipitação menor, também terão uma produção menor. Ficando clara, uma grandeza proporcionalmente relacionada.

Averigua-se uma influência das questões socioeconômicas, frente à produção canavieira, evidenciando um impacto negativo maior, devido às disparidades regionais no período estudado. Essas considerações levam em conta a importância dos diferentes níveis econômicos e graus de crescimento regional entre as mesorregiões.

Num contexto de mudanças climáticas, o nível de produtividade da cana-de-açúcar é bastante inferior ao que poderia ser alcançado, contribuindo para que o Estado da Paraíba venha apresentando perdas de produtividade da cana-de-açúcar. Esse cenário vem ocorrendo, devido à falta de modernização na agricultura, variabilidade dos índices pluviométricos, secas agrícolas e ações antropogênicas.

Finalmente, cabe ressaltar que os resultados observados estão em concordância com pesquisas empíricas recentes sobre o tema. Isto é, nas áreas de alterações climáticas e seu efeito na agricultura. Contudo, um estudo mais aprofundado empregando novas variáveis, aumentando-se o número de anos, bem como utilizando-se uma abrangência geográfica maior, possibilitaria uma investigação mais detalhada sobre os impactos das mudanças climáticas na cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS

- ASPLAN. Associação dos Plantadores de Cana da Paraíba. **Jornal do Plantador**, Ano 10, n. 66, nov./dez. 2014.
- AYOADE, J. O. **Introduction to climatology for the tropics**. Nova York: J.Wiley, 1983.
- BACCHI, M. R. P.; CALDARELLI, C. E. Impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético no Estado de São Paulo, entre 2005 e 2009. **Nova Economia**, v. 25, n. 1, p. 209-224, 2015.
- BALTAGI, Badi B. **Econometric analysis of panel data**. 3. ed. New Delhi, Índia: John Wiley&Sons, 2005.
- CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics using Stata**. College Station: Stata Press, 2009.
- CARLOS, S. M. **Percepção e Adaptação às Mudanças Climáticas de Agricultores da Bacia Hidrográfica do Rio das Contas, Bahia**. 105 f. Dissertação (Mestrado em Economia). Universidade Federal de Viçosa, 2016.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira da cana**, v. 3 - Safra 2016/17, n. 4 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-77, abril 2017.
- COUTINHO, J. S. et al. Barreiras na produção de cana-de-açúcar no estado da Paraíba (PB). **Exacta – EP**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 319-336, 2016.
- CUNHA, D. A.; COELHO, A. B.; FÉRES, J. G. Irrigation as an adaptive strategy to climate change: an economic perspective on Brazilian agriculture. **Environment and Development Economics**, v. 20, p. 57-79, 2015.
- DELAREZI, L. M.; CUNHA, D. A. Mudanças climáticas e migração rural-urbana no semiárido brasileiro. In: XLIII Encontro Nacional de Economia, 2015, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANPEC, 2015.
- DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, Aline S.; RUIZ, R. M. **Cenários de Mudanças Climáticas e Agricultura no Brasil: impactos econômicos na Região Nordeste**. Revista Econômica do Nordeste, v. 42, p. 229-246, 2011.
- FLEISCHER, A.; LICHTMAN, I.; MENDELSON, R. Climate Change, Irrigation, and Israeli Agriculture: Will Warming be Harmful?. **Ecological Economics**, v. 65, n. 3, p. 508-515, 2008.
- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; MATOS, R. M.; MARIA MARLE BANDEIRA, M. M.; SANTOS, D. Análise e Mapeamento dos Índices de Umidade, Hídrico e Aridez através do BHC para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p. 1093-1108, 2015.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. 7. ed. New York: Person, 2012.

GUJARATI, D.; PORTER, D. C. **Basic Econometrics**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2008.

HAUSMAN, J. A. Specification tests in econometrics. **Econometrica**, v. 46, n. 6, p. 1251-1272, 1978.

HILL, R. C.; GRIFFITHS, W. E.; JUDGE, G. G. **Undergraduate econometrics**. New York: John Wiley & Sons, 1997.

HSIAO, C. **Analysis of panel data**. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2016. **Síntese Paraíba**. 2016. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pb>. Acesso em: 07 ago. 2017.

IBGE, **Produção Agrícola Municipal 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=pb&tema=lavouratemporaria2015>. Acesso em: 07 ago. 2017.

IPCC, INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, p. 151, 2014.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Ipeadata Regional**. 2015. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: 07 ago. 2017.

MARSHALL, E.; AILLERY, M.; MALCOLM, S.; WILLIAMS, R. The potential impacts of shifting regional water balances in the United States. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 97, n. 2, p. 568-588, 2015.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Estadual de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura**. São Paulo: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2016.

ORTOLANI, A. A.; CAMARGO, M. B. P. Influência dos fatores climáticos na produção. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fosfato, p. 71-81, 1987.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Econometric Models and Economic Forecasts**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 1998.

PINTO, H. S.; ASSAD, E. D. **Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção agrícola no Brasil**. São Paulo: Embrapa, 2008.

PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; FJP, Fundação João Pinheiro. **Paraíba**. Atlas do desenvolvimento humano no Brasil, 2013. Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_uf/paraiba>. Acesso em: 07 ago. 2017.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Série Histórica**. Online. 2017. Disponível em: <<http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 07 ago. 2017.

VERBEEK, M. **A guide to modern econometrics**. Chichester: John Wiley & Sons, 2000.

WIEBE, K. et al. Climate change impacts on agriculture in 2050 under a range of plausible socioeconomic and emissions scenarios. **Environmental Research Letters**, v. 10, n. 8, p. 1–15, 2015.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory econometrics: A modern approach**. 5. ed. Thomson: South-Western, 2013.