

## ANÁLISE DO IMPACTO DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NA PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO NORDESTE BRASILEIRO

### ANALYSIS OF THE IMPACT OF CLIMATE VARIABLES IN THE PRODUCTION OF SUGAR CANE IN THE BRAZILIAN NORTHEAST

Pinto, PALA<sup>1</sup>; Pannain, JLM<sup>2</sup>; Cavalcanti, ILR<sup>3</sup>; Cavalcanti, MLC<sup>3</sup>; Coelho Junior, LM<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Pernambuco, Dr. Professor da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Salgueiro-PE, CEP: 56.000-000, Salgueiro-PE. Brasil. [pablo.aurelio@upe.br](mailto:pablo.aurelio@upe.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba, Aluna especial do Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis, Cx. Postal 5115, CEP 58051-900, João Pessoa – PB, Brasil. [julianalinsmotta@hotmail.com](mailto:julianalinsmotta@hotmail.com);

<sup>3</sup>Universidade Federal da Paraíba, Mestrandas do Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis, Cx. Postal 5115, CEP 58051-900, João Pessoa – PB, Brasil. [ingrid\\_lelis@hotmail.com](mailto:ingrid_lelis@hotmail.com); [malucoelhocavalcanti@gmail.com](mailto:malucoelhocavalcanti@gmail.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal da Paraíba, Dr., Professor do Departamento de Engenharia de Energias renováveis, Cx. Postal 5115, CEP 58051-900, João Pessoa – PB, Brasil. [luiz@cear.ufpb.br](mailto:luiz@cear.ufpb.br)

\*Autor para correspondência

#### RESUMO

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 nordestinos, para o período de 1974 a 2016. Investigou de que maneira o comportamento das variáveis temperatura e precipitação influenciam em cada estado da região nordeste. Foi utilizada como estratégia empírica os modelos de regressão com dados em painel. Os resultados evidenciam que houve impactos das variáveis climáticas na produção de cana-de-açúcar nos municípios nordestinos; a precipitação foi uma condicionante positivamente correlacionada e a temperatura influencia negativamente. Percebe-se uma resposta heterogênea dos impactos para os estados, os municípios pertencentes aos Estados de Pernambuco, Alagoas e Sergipe possuem maior probabilidade de produção de cana-de-açúcar em relação aos outros Estados nordestinos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Clima; Produção; Dados em Painel.

#### INTRODUÇÃO (até 1000 palavras):

O Brasil possui destacada relevância na agropecuária global, ocupando a 4<sup>o</sup> colocação no *raking* de Valor Bruto de Produção (VBP), de acordo com dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2018). O setor agronegócio representa, no Brasil, 20% do Produto Interno Bruto (PIB), segundo dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2018), e 46% do total de receitas geradas com exportações (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA, 2018), em 2016.

A agricultura é uma das principais atividades econômicas do Brasil, com destaque para o cultivo da cana-de-açúcar, atualmente o maior produtor mundial, seguido pela Índia e China. Em termos de VBP a China obteve o maior faturamento líquido de US\$ 44,2 bilhões e o Brasil foi o segundo com US\$ 20 bilhões. Nas



exportações o complexo sucroalcooleiro contribui com US\$ 11,34 bilhões, cerca de 14% do total do setor agronegócio (FAO, 2018; MAPA, 2018).

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.

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).

Diversos fatores intervêm na produção canavieira, sendo os principais: a influência climática, fertilização do solo, manejo da cultura e o cultivo selecionado. Bacchi e Caldarelli (2015), concordam que o clima é o fator com maior influência na produção da cultura.

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 deste artigo foi estimar o impacto das variáveis climáticas na produção de cana-de-açúcar dos municípios nordestinos para o período de 1974 a 2016. 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 nordestinos, com foco na produção da cana-de-açúcar. Além de auxiliar na implementação e desenvolvimento de políticas públicas de mitigação e adaptação.

### **METODOLOGIA (até 1000 palavras):**

A região Nordeste do Brasil possui uma área de 1.558.000 km<sup>2</sup>, com densidade demográfica de 36,53 hab/km<sup>2</sup>. Estando composta por nove estados brasileiros e dividida em 42 mesorregiões, 165 microrregiões e 1.794 municípios, com população estimada de 56.915.936 habitantes (IBGE, 2018).

As variáveis utilizadas neste estudo foram: produção de cana-de-açúcar, temperatura e precipitação, cuja amostra foi de 1.336 municípios. A variável produção da cana-de-açúcar foi mensurada pela quantidade produzida, em toneladas (t), obtida no Sistema de Recuperação Automática (SIDRA) do IBGE, no período compreendido entre os anos de 1974 e 2016.

Os dados climáticos utilizados foram precipitação total anual, em milímetros (mm), e temperatura média anual, em graus Celsius (°C), para os municípios nordestinos. Levou-se em consideração que as alterações do clima são um fenômeno de médio e longo prazo, e o período de análise foi o intervalo de tempo de 43 anos entre 1974 e 2016. Os dados climáticos foram coletados da base de dados CL 3.21 do *Climate Research Unit – CRU/University of East Anglia*.

Para análise das variáveis utilizadas nessa pesquisa, utilizou-se o modelo econômico 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 (HSIAO, 2014).

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).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A princípio, serão apresentados 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, no Nordeste, no período de 1974 a 2016.

Os dados da Tabela 1 apresentam a evolução da produção da cana-de-açúcar, nos municípios da região Nordeste e do Brasil, obtidos para os períodos de 1974, 1980, 1990, 2000, 2010 e 2016.

Tabela 1. Evolução da produção da cana-de-açúcar no Brasil e Nordeste, no período de 1974, 1980, 1990, 2000, 2010 e 2016, em milhões de toneladas ( $10^6$  t).

Ano	1974	1980	1990	2000	2010	2016
Nordeste	34,9	47,9	71,7	58,9	68,8	55,7
Brasil	95,6	148,6	262,2	326	716,6	768,9

Fonte: Elaboração própria a partir do IBGE (2018).

A produção canavieira do Brasil vem crescendo no decorrer dos anos. No Nordeste, observa-se uma alta na produção da cana-de-açúcar em 1990, mostrando uma grande queda no ano 2000 uma recuperação em 2010 e retração em 2016. Em relação ao Brasil o Nordeste teve participação na produção da cana-de-açúcar de 36,5% em 1974, 32,2% em 1980, 27,3% em 1990, 18,1% em 2000, 9,6% em 2010 e 7,2% em 2016, ou seja, vem perdendo participação no cenário nacional de produção de cana-de-açúcar. A Tabela 1 demonstra 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 do Nordeste, devido à falta de investimentos em inovação, máquinas e equipamentos com tecnologia e pesquisa avançada, além de condições climáticas desfavoráveis.

A Figura 1a e 1b apresentam o comportamento das variáveis climáticas de precipitação total e temperatura média no período entre 1974 a 2016, de maneira a efetuar comparações e perceber, através de uma série temporal, como vem se comportando essas variáveis no Nordeste e no Brasil.

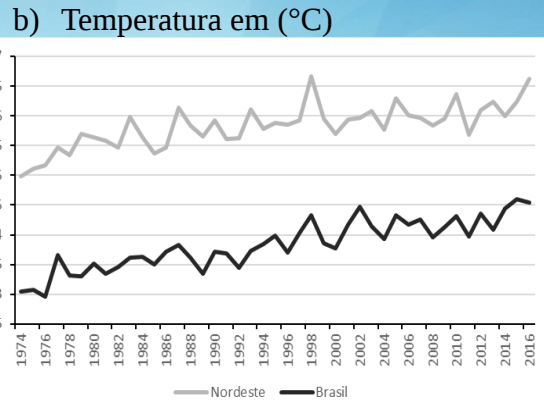
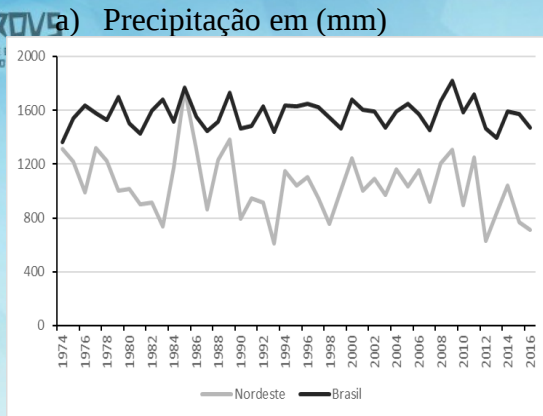
No que se refere ao comportamento da temperatura média, demonstra tendência de aumento. Podemos notar na Figura 1b esse crescimento. No Brasil, a temperatura média variou entre 23,05 °C e 24,54 °C. Para o Nordeste variou entre 24,99 °C e 26,62°C.

Com base na Figura 1a, podemos perceber que o volume de precipitação anual se manteve relativamente estável ao longo do período no Brasil e no Nordeste. No Nordeste, oscilando entre 800 mm e 1200 mm, com uma média de 1043 mm, enquanto que no Brasil houve uma variação de precipitação anual entre 1300 mm e 1700 mm, com uma média de 1570 mm. Um ano atípico foi o de 1985, no qual apontou uma precipitação no Nordeste de 1758 mm, muito próxima a precipitação anual do Brasil, que foi de 1768 mm.





III SINPROVA  
III SIMPÓSIO NACIONAL DE I  
PRODUÇÃO VEGETAL NO



**Figura 1:** Precipitação total (em: mm) e Temperatura média (em: °C) do Brasil e Nordeste entre 1974 e 2016.

**Fonte:** CRU/University of East Anglia.

Na Tabela 2, encontram-se os resultados das estimações dos impactos das alterações climáticas, na produção da cana-de-açúcar, através da estratégia empírica de regressão com dados em painel. Validou-se as estimativas através de testes econométricos. Para a formação destes resultados, foram considerados um total de 37.181 observações e 1.336 municípios.

Tabela 2. Estimativas dos efeitos da temperatura, precipitação e *dummys* estaduais na produção de cana-de-açúcar dos municípios nordestinos.

Variáveis Explicativas	Variável Dependente: Logaritmo da produção de cana-de-açúcar		
	Regressão 1	Regressão 2	Regressão 3
Constante	27,79*** (0,69)	-0,48 (1,21)	27,77*** (0,71)
LnTemperatura	-9,82*** (0,21)	-0,66* (0,36)	-9,81*** (0,21)
LnPrecipitação	1,77*** (0,02)	1,50*** (0,02)	1,76*** (0,02)
Maranhão		-1,47*** (0,05)	-192833,2*** (2883,43)***
Piauí		-0,81*** (0,05)	
Ceará		0,20*** (0,05)	
Rio Grande do Norte		Referência	-0,01 (0,04)
Paraíba		0,10* (0,06)	
Pernambuco		2,05*** (0,06)	
Alagoas		3,51*** (0,06)	



		1,91*** (0,08)	
		0,21*** (0,06)	
Nº observações	37181	37181	37181
Nº municípios	1336	1336	1336

Notas: (1) Valores do desvio-padrão dos parâmetros entre parênteses; (2) para as estatísticas, os parênteses contêm os respectivos níveis de significância em p-valores,\*\*\* significativo ao nível de 1%; \*\* significativo a 5%; \*significativo a 10%.

Na Tabela 2, observou-se que a variável temperatura impacta negativamente a produção de cana-de-açúcar enquanto a precipitação influencia positivamente. Na regressão 1 observa-se que para o acréscimo de 1% na temperatura nos municípios nordestinos há uma queda de 9,82% na produção de cana. Para um acréscimo de 1% na precipitação provoca um aumento de 1,77% na produção de cana.

Nas regressões 2 e 3 criou-se variáveis *dummy* para representação dos Estados nordestinos. A ideia é averiguar alguma influência das disparidades regionais existentes sobre a dinâmica de produção canavieira.

### CONCLUSÕES (até 200 palavras):

Considerando as análises descritas neste estudo, conclui-se que: as variáveis de controle se expressaram estatisticamente significativas para explicar a variável produção de cana. A precipitação é uma condicionante positivamente correlacionada, já a temperatura influencia negativamente na produção canavieira dos municípios nordestinos.

### REFERÊNCIAS

- 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.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **PIB Agro CEPEA-USP/CNA**. Disponível em: < <http://cepea.esalq.usp.br/pib/>>. Acesso em: 10 fev. 2018.
- 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.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **The statistic division – FAOstat**. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 01 mar. 2018.
- HSIAO, C. **Analysis of panel data**. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **SIDRA** - sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **AGROSTAT - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro**. Disponível em: < <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

