

## FUTURO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Wallysson Klebson de Medeiros Silva (1); Susane Eterna Leite Medeiros (2); Louise Pereira da Silva (3); Raphael Abrahão (4)

<sup>1-4</sup> Universidade Federal da Paraíba; <sup>1</sup> wallyssonk@gmail.com; <sup>2</sup> susane.eterna@cear.ufpb.br; <sup>3</sup> louise.silva@cear.ufpb.br; <sup>4</sup> raphael@cear.ufpb.br.

**Resumo:** A agricultura torna-se vulnerável às mudanças climáticas devido a seus efeitos diretos da mudança das condições climáticas, bem como através de ações antrópicas, decorrentes da exploração de recursos naturais, processos industriais e lançamento de gases do efeito estufa que podem afetar o potencial produtivo agrícola. O comportamento climático coloca desafios sem precedentes para a agricultura, especialmente em regiões semiáridas, devido à suscetibilidade da produtividade agrícola e aos custos de melhorar as suas condições de déficit hídrico. Em municípios semiáridos, como Sousa-PB e Patos-PB, a produtividade agrícola está mais suscetível a sofrer influências das alterações nos padrões dos elementos climáticos, em função da sua variabilidade, afetando a cultura da cana-de-açúcar. Neste trabalho, objetivou-se analisar a influência das variáveis climáticas de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar na produção canavieira do semiárido paraibano. Para atingir tais objetivos foram obtidos dados meteorológicos no período de 40-45 anos de duas estações presentes no semiárido paraibano. Por outro lado, foram usados dados de produção da cana-de-açúcar em toneladas, no período de 1975 a 2015. Deste modo, revisamos brevemente o comportamento da cana-de-açúcar frente às variáveis climáticas e aos desafios para a produção de cana-de-açúcar perante as mudanças climáticas do semiárido paraibano. Os resultados sugerem que existe uma mudança na configuração climática da área de estudo, potencializando negativamente o cultivo da cana-de-açúcar.

**Palavras-Chave:** Agricultura, mudanças climáticas, temperatura, precipitação, umidade relativa do ar.

### INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) foi introduzida no Brasil no período colonial e desde então se transformou em uma das principais atividades da economia brasileira (REZENDE; RICHARDSON, 2015). Fundamentalmente é considerada como uma planta típica de clima tropical e subtropical, com ciclo vegetativo extenso, permanecendo no solo ao longo de todas as estações do ano e, em razão disso, sua produtividade torna-se muito influenciada por variáveis climáticas (VAREJÃO-SILVA; BARROS, 2001).

De acordo com o Conab (2017) na safra 2017/2018 o Brasil produziu cerca de 647,4 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, com 8,77 milhões de hectares de plantação, sendo o Brasil o maior produtor mundial. Na Paraíba, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016) a cana-de-açúcar é a cultura com maior produção do estado, sendo produzidas 6.801.981 toneladas<sup>1</sup>. Dessa forma, considera-se a cana-de-açúcar uma das principais culturas brasileiras, devido ao seu poder de desenvolvimento econômico, com geração de emprego e renda.

---

<sup>1</sup> No que tange sua participação no cenário nacional, a Paraíba apresenta uma participação pequena, de 0,9% em 2015.

Diante desse panorama, percebe-se a importância da cultura da cana-de-açúcar para o Brasil, beneficiada pela extensão territorial e diversos tipos de solos, sob interferência de múltiplos climas, propiciando diferentes ambientes para a produção. De acordo com Cesar *et al.* (1987) diversos fatores intervêm na produção canavieira, sendo os principais a influência climática, o manejo da cultura e o cultivo selecionado. Diferentes autores (FIGUEIREDO *et al.*, 2008; CARDOSO; SENTELHAS, 2013; NELSON *et al.*, 2014) concordam que o clima é o fator com maior ação na produção da cultura. Assim, temperatura, precipitação, insolação e umidade são os principais elementos climáticos que interferem no desenvolvimento da cana-de-açúcar.

Projeções relatadas no relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) admitem que o semiárido é indicado como uma das áreas mais atingidas pelas mudanças climáticas tendo em vista, suas condições fisiográficas, climáticas e socioeconômicas, pois apresenta a menor disponibilidade hídrica do país, com forte variabilidade temporal no seu regime de chuvas. Estima-se aumentos de temperatura, redução de chuvas, queda na produção agrícola (levando perdas de safras) e mais períodos de seca (PBMC, 2016).

Para Moura *et al.* (2007) o clima do semiárido afeta a produtividade, a qualidade e o desenvolvimento das culturas, sendo necessário recursos hídricos para amenizar tal predisposição. Soma-se a isso, as secas periódicas, níveis de precipitações baixos, temperaturas elevadas, baixa umidade de ar e solos de baixa fertilidade, contribuindo para que a cana-de-açúcar no semiárido sofra estresse hídrico<sup>2</sup>, fazendo com que o solo e o clima limitem seu desenvolvimento.

Fundamentado nessa problemática, pesquisas como esta, procuram por meio de uma análise das alterações climáticas que influenciam a região semiárida, colaborar para a concepção desses fenômenos, considerando que os municípios do semiárido paraibano necessitam elaborar e aperfeiçoar as medidas de mitigação e de adaptação para evitar o processo de desertificação e perdas de produção nesses locais.

O presente trabalho teve como objetivo analisar a influência das variáveis climáticas de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar na produção canavieira do semiárido paraibano. O estudo propiciará um subsídio e aprofundamento dos estudos da climatologia e sua relação com a produção agrícola, especificamente a produção da cana-de-açúcar no semiárido paraibano.

---

<sup>2</sup> É uma causa externa que desempenha uma influência danosa sobre a planta e leva a mudanças e respostas em todos seus níveis.

## METODOLOGIA

### Área de Estudo

Os municípios selecionados como área de estudo foram Patos e Sousa. Esses municípios pertencem ao semiárido paraibano (Figura 1). A escolha se deu devido à disponibilidade de dados da Estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Na Paraíba, as unidades disponíveis são: Areia, Campina Grande, João Pessoa, Monteiro, Patos e São Gonçalo (distrito de Sousa). Das seis cidades, Areia e João Pessoa não fazem parte do semiárido paraibano (representado pela cor verde na Figura 1). Já Campina Grande e Monteiro não produzem cana-de-açúcar. Dessa forma, Patos e Sousa se encaixam no perfil traçado para pesquisa, ou seja, com produção canavieira e com dados meteorológicos disponíveis no INMET para a realização do estudo.

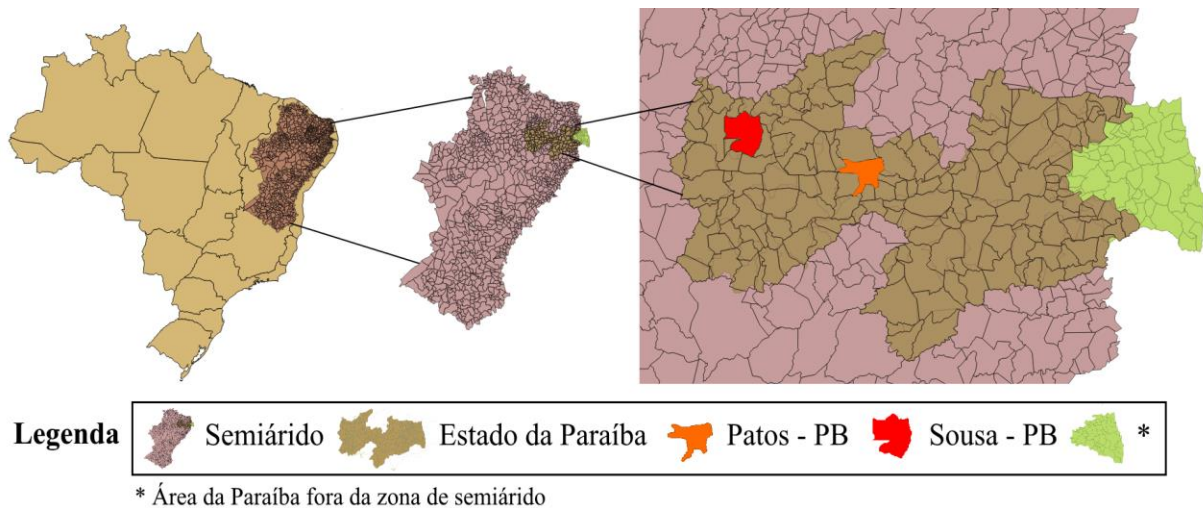


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

Fonte: Elaborado pelos autores utilizando QGIS versão 2.18.

O semiárido foi definido na lei federal nº 7.827, de 27 de setembro de 1989 e delimitada pelo Ministério da Integração Nacional como a região que abrange partes dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, possuindo uma área de 982.563,3 km<sup>2</sup> (BRASIL, 2005).

Patos está localizado no estado da Paraíba e faz parte do semiárido brasileiro, tendo uma população de 100.674 mil habitantes e sua área territorial é de 473,06 km<sup>2</sup>. Sousa também está situada no estado da Paraíba e faz parte do semiárido brasileiro, tendo uma população estimada de 65.803 mil pessoas e sua área territorial é de 738,55 km<sup>2</sup> (IBGE, 2017). A 15,6 km<sup>2</sup> de distância da zona urbana de Sousa, está localizada a estação meteorológica de São Gonçalo.

## Obtenção e análise de dados

Os parâmetros selecionados neste estudo foram temperatura média, precipitação, umidade relativa do ar e produção da cana-de-açúcar por tonelada. Os dados de temperatura média e umidade relativa do ar foram adquiridos nas estações meteorológicas convencionais de São Gonçalo-PB e Patos-PB, referentes aos períodos de 1970 a 2015 e de 1975 a 2015, respectivamente. Os dados climatológicos foram provenientes do acervo de dados do INMET. Os dados de produção da cana-de-açúcar, referentes ao período de 1975 a 2015, foram obtidos do IBGE e do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

A umidade relativa do ar foi medida através de um higrógrafo, o qual registra resultados em unidade de porcentagem (%). O cálculo de precipitação média total pode ser interpretado pela seguinte equação:

$$X_{ij} = \sum_k X_{kij} \quad (1)$$

Onde:  $X_{ij}$  = Valor acumulado no mês  $i$ , do ano  $j$ , ou seja, a soma de todos os valores diários disponíveis para aquele mês e aquele ano.

Conforme a conceituação e procedimentos da Organização Meteorológica Mundial (OMM), somente meses completos, ou seja, sem nenhum dado faltante de precipitação, foram calculados e incluídos nas análises.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para entender se determinada cultura, como a cana-de-açúcar, dispõe de um bom desempenho na produtividade, torna-se necessário entender como os elementos climáticos influenciam na produção do semiárido Paraibano. Desta maneira, se uma determinada região apresentar solos adequados e tecnologias apropriadas, mas dispendo de condições climáticas desfavoráveis, a localidade não consegue atenuar sua vulnerabilidade (ZULLO JUNIOR *et al.*, 2008). Portanto, torna-se relevante analisar as variáveis climáticas temperatura média, precipitação e umidade relativa do ar e verificar sua influência na produção da cana-de-açúcar, tendo em vista que as condições climáticas são apontadas como as mais relevantes na avaliação da aptidão agrícola, uma vez que praticamente não podem ser alteradas, com exceção da deficiência hídrica, que consegue ser aliviada com a utilização da irrigação (RANIERI *et al.*, 2007).

A melhor época para o plantio da cana-de-açúcar está conexas com as condições ideais de clima, as quais asseguram o nascimento das sementes. Na região semiárida a melhor forma de cultivar

a cana-de-açúcar é através do uso e o manejo adequado da irrigação. Assim, existindo disponibilidade destes fatores reguladores de nascimento e crescimento das gemas, a cana poderá ser plantada em qualquer época do ano. Esse é um dos motivos para que a região centro-sul do país apresente uma produção e plantação da cana-de-açúcar superior ao Nordeste.

As práticas culturais da cana-de-açúcar são divididas, conforme Castro (1999), em sistema de ano (aproximadamente 12 meses) e o sistema de ano e meio (em torno de 18 meses), podendo ser representadas por uma curva que distingue o crescimento e diferenciada de acordo com a época de plantio. A diferença entre elas é que a primeira é simétrica e a segunda bimodal. A Figura 2, apresenta a influência dos elementos climáticos nas fases do ciclo fenológico da cana-de-açúcar durante as épocas de plantio.

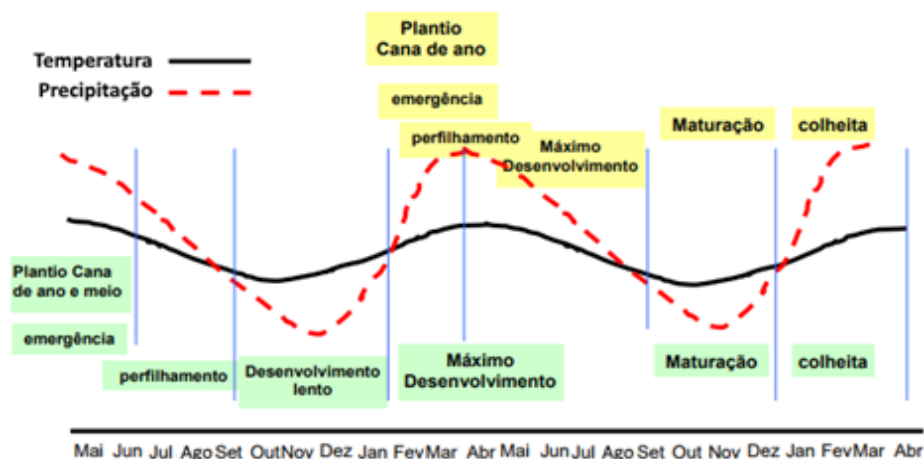


Figura 2. Ciclo fenológico da cana-de-açúcar e sua influência por elementos climáticos na região Nordeste do Brasil.

Fonte: Adaptado pelos autores a partir de Castro (1999).

Desta forma, pode-se conceituar que a cana-de-açúcar apresenta quatro fases de desenvolvimento, das quais: Fase 1 – plantio, com a brotação e emergência dos brotos (colmos primários). Para que a cana-de-açúcar tenha sucesso na colheita, essa fase é considerada a mais importante, pois é nela que se desenvolve a consignação inicial das plantas no campo. Fase 2 – perfilhamento e estabelecimento da cultura. Acontece nesta fase o estabelecimento definitivo da cana. Fase 3 – período de máximo crescimento. Nesta fase, a cana dirige-se do perfilhamento final ao acúmulo de sacarose nos colmos, no qual define a futura produtividade (t/ha) da cultura. Fase 4 – maturação. É quando se estabelece a qualidade de matéria-prima dos colmos industrializáveis.

Ao analisarmos a variável temperatura, na literatura os autores não chegam ao consenso de qual seja a temperatura ótima para o desenvolvimento pleno da cana-de-açúcar. Para Casagrande (1991) nos diferentes estágios fenológicos, a temperatura ótima seria entre 25 °C e 35 °C. Câmara *et al.* (1993) afirmam que a melhor faixa de temperatura para a cana está entre 27 °C e 34 °C. Já segundo Freitas (2007), para que o desenvolvimento da cana-de-açúcar tenha um bom rendimento, é necessária uma temperatura média mensal entre 30 °C e 34 °C. No entanto, os autores concordam que em temperaturas menores que 20 °C e maiores que 35° °C não há crescimento vegetativo.

Diante disso, ao analisar a variável temperatura na Tabela 1, observa-se que em Patos a temperatura média varia entre 26 °C e 29 °C. Enquanto que na Tabela 2, o município de Sousa, varia entre 25 °C a 28 °C. Dessa forma, percebe-se que as temperaturas de ambos os municípios são aceitáveis e propícias para o desenvolvimento da cana-de-açúcar.

Tabela 1. Valores anual e mensal da temperatura média, umidade relativa do ar e precipitação média para a estação de Patos-PB entre os anos de 1975 e 2015.

<b>Período</b>	<b>Temperatura média (°C)</b>	<b>Umidade relativa do ar (%)</b>	<b>Precipitação média (mm)</b>
Anual	27,5	58	606
Janeiro	28,5	58	87
Fevereiro	28,5	63	109
Março	27,4	68	169
Abril	27,2	69	104
Maio	26,9	65	58
Junho	26,2	62	23
Julho	26,0	58	9
Agosto	26,5	53	9
Setembro	27,5	50	1
Outubro	28,4	49	3
Novembro	28,9	48	6
Dezembro	29,0	51	27

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do INMET (2017).

Segundo Doorembos *et al.* (1979), as necessidades hídricas da cana-de-açúcar variam de 1.500 mm a 2.500 mm, devendo ser distribuídas de maneira uniforme durante o subperíodo vegetativo. Corroborando com estas informações, Salassier (2006) afirma ser imprescindível uma

média de 1.500 mm a 2.500 mm de chuva anuais, sendo indispensável diariamente de 2,0 mm a 6,0 mm. Os autores destacam que a fase de brotação, é a que mais necessita de demanda hídrica. Dessa forma, a literatura entra em consenso que seja necessário, uma precipitação média de 1.500 mm a 2.500 mm anuais, ou entre 125 mm a 208 mm mensais.

Levando-se em consideração que, de acordo com a literatura, é imprescindível uma precipitação média anual entre 1.500 mm e 2.500 mm, os municípios Patos e Sousa apresentam uma precipitação muito abaixo do necessário para um bom desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, conforme as tabelas 1 e 2. Os municípios de Patos e Sousa apresentaram, nos últimos 40-45 anos, uma precipitação média anual de 606 mm e 355 mm, respectivamente, sendo imprescindível o uso da irrigação para o cultivo da cana-de-açúcar nessas localidades.

Tabela 2. Valores anual e mensal da temperatura média, umidade relativa do ar e precipitação média para a estação de São Gonçalo-PB entre os anos de 1970 e 2015.

<b>Período</b>	<b>Temperatura média (°C)</b>	<b>Umidade relativa do ar (%)</b>	<b>Precipitação média (mm)</b>
Anual	26,6	63	355
Janeiro	27,1	66	32
Fevereiro	26,5	72	60
Março	26,1	76	61
Abril	26,0	76	50
Maio	25,7	72	69
Junho	25,3	66	9
Julho	25,4	59	10
Agosto	26,4	52	1
Setembro	27,5	50	1
Outubro	27,9	54	6
Novembro	28,0	56	4
Dezembro	28,1	58	51

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do INMET (2017).

O déficit hídrico causa diversos problemas no crescimento vegetal da cana-de-açúcar. Os impactos mais evidentes do estresse hídrico se dão através da redução do tamanho das plantas, de sua área foliar e da produtividade da cultura (FARIAS *et al.*, 2008). Quanto à umidade, Freitas (2007) constatou que o exagero prejudica o crescimento da cana-de-açúcar e a ausência causa a morte da

planta. Para um melhor aproveitamento, seria necessária uma umidade entre 80% e 85% durante o crescimento e entre 45% e 65% durante o amadurecimento. Em concordância com esses percentuais, Camargo (1970) ainda acrescenta que a umidade do ar estimula o alongamento acelerado e a acumulação de sacarose na cana-de-açúcar.

O período de colheita geralmente acontece entre setembro a abril no Nordeste e necessita-se de uma umidade entre 45% a 65%. A variação da umidade durante esses meses no município de Patos e Sousa é respectivamente de 48%-69% e 50%-76%, apresentando uma umidade média de 58% em Patos e 63% em Sousa. Desse modo, ambas localidades apresentam-se dentro da faixa de umidade esperada, porém apresentando em alguns meses uma umidade relativa prejudicial para a cultura da cana. Apesar disso, no que se refere a plantação, a qual necessita de uma umidade entre 80% a 85%, os municípios apresentam valores inferiores ao necessário.

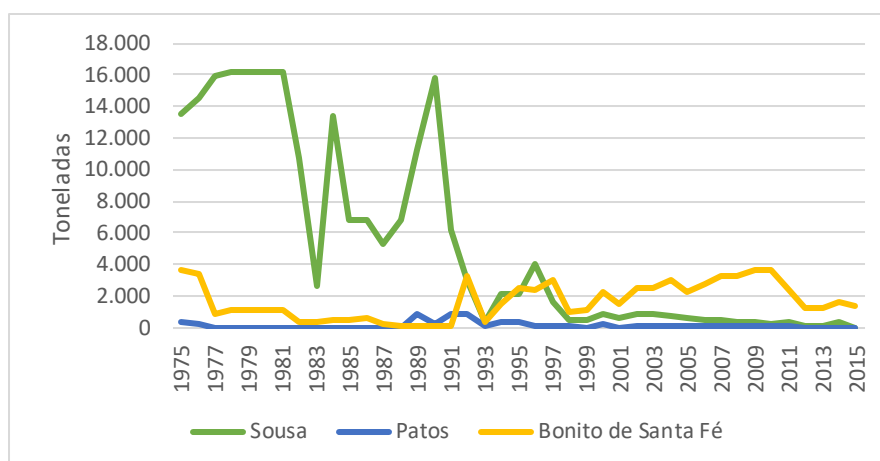


Figura 3. Produção da cana-de-açúcar em toneladas nos municípios de Patos-PB, Sousa-PB e Bonito de Santa Fé entre os anos de 1975 a 2015.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de IPEA (2015); IBGE (2016).

Ao analisarmos os municípios objeto de estudo deste artigo, juntamente com o município com maior produção atual do semiárido paraibano – Bonito de Santa Fé<sup>3</sup> (Figura 3), percebe-se que a cidade de Sousa entre 1975 e 1991 detinha uma boa produção da cana-de-açúcar em relação ao semiárido paraibano. Porém, a partir de 1991, ocorreu uma grande queda de produção. Por outro lado, Patos sempre obteve uma baixa produção canavieira.

<sup>3</sup> O município de Bonito de Santa Fé, localizado na mesorregião do Sertão Paraibano, tem uma área territorial de 228 km<sup>2</sup>, uma população de 11.814 habitantes e atualmente produz em média 1.400 toneladas de cana-de-açúcar por ano (IBGE, 2017). Vale ressaltar, que a produção do estado da Paraíba em 2015 foi de 6.801.981 toneladas, o município com maior produção do semiárido, Bonito de Santa Fé, representou apenas 0,02% do total de produção no estado.



No ano de 1975, foi criado o Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL), que tinha como propósito ampliar a produção de safras agroenergéticas e a capacidade industrial de transformação (MELO; FONSECA, 1981). Deste modo, o município de Sousa-PB e vários outros no estado da Paraíba foram beneficiados pelo programa, recebendo incentivos para o desenvolvimento da cana-de-açúcar. O fim do programa em 1990, foi proporcional ao declínio do setor no semiárido Paraibano.

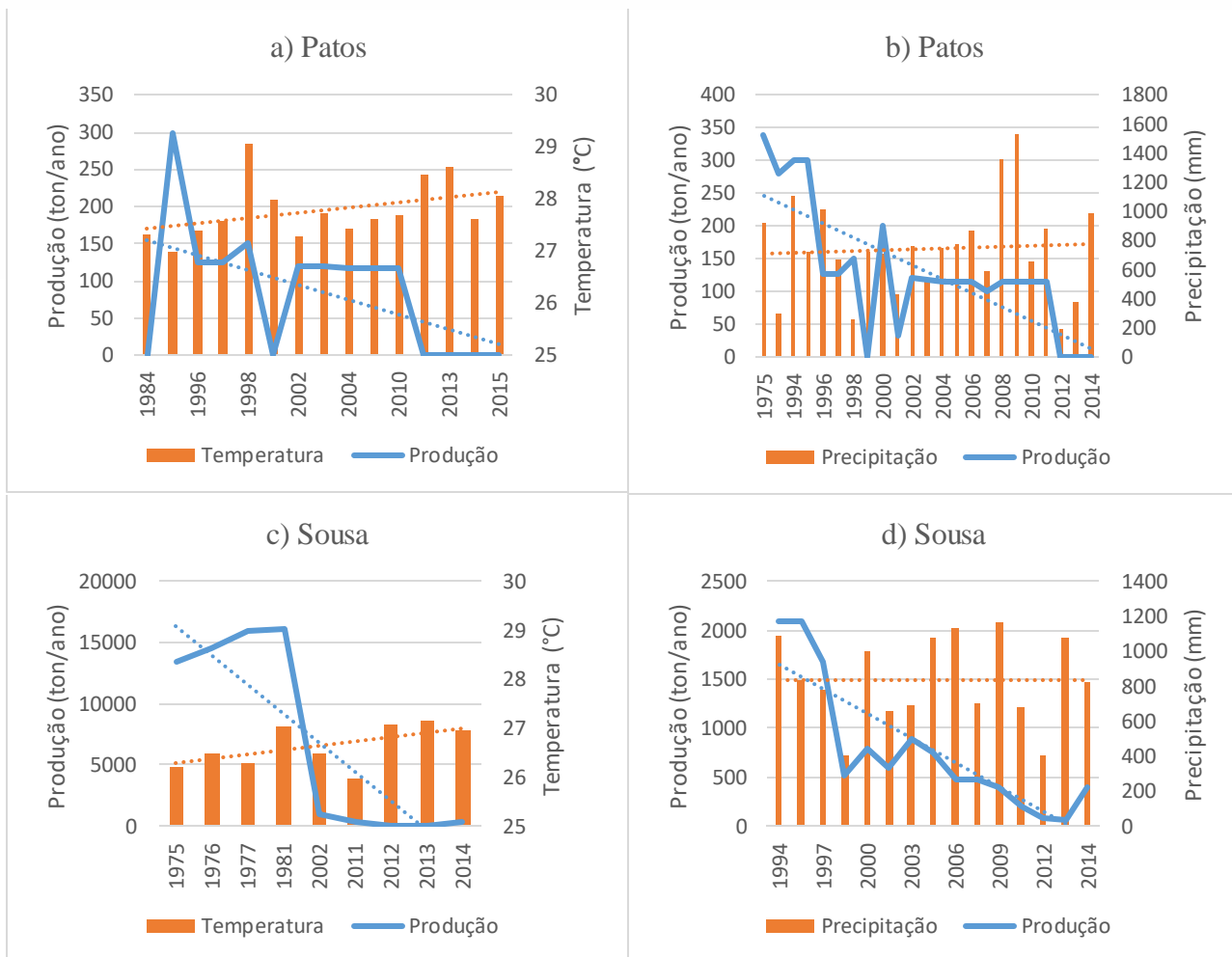


Figura 4. Relação entre temperatura e produção e entre precipitação e produção da cana-de-açúcar nos municípios de Patos-PB e Sousa-PB.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de IPEA (2015); AESA (2015); IBGE (2016); INMET (2017).

Para compreender como ficou a estrutura agrária de produção da cana-de-açúcar, no semiárido com o fim do Proálcool, torna-se necessário visualizar o comportamento dos elementos climáticos após a crise do Proálcool. Assim, foram elaborados as Figuras 4a, 4b, 4c e 4d com o objetivo de analisar a influência da temperatura e da precipitação na produção canavieira. Na Figura 4a, podemos observar que exatamente no período em que Patos apresentou as menores temperaturas anuais, foi

justamente quando se produziu mais cana-de-açúcar. Na Figura 4c, não se observou nenhuma relação entre produção e temperatura no município de Sousa. Podemos notar pela linha de tendência, um aumento da temperatura e uma queda na produção canaveira em ambos os municípios durante o período estudado.

Nota-se na Figura 4d, uma queda na precipitação entre 1994 a 1998, como também, um decréscimo na produção canaveira. Conforme a linha de projeção linear de tendência, não houve tendência de mudança na precipitação, enquanto houve queda na produção da cana em Sousa. Na Figura 4b, observa-se que a precipitação e produção da cana-de-açúcar é bastante variável, através da linha tendencial, nota-se que houve, no período analisado um pequeno acréscimo na precipitação anual, ao contrário da produção canaveira que vem declinando, chegando a zero nos últimos anos. A pequena quantidade de produção da cana-de-açúcar está correlacionada com a variabilidade pluviométrica, escassa e irregular, que a região semiárida apresenta, sendo insatisfatória para satisfazer as necessidades hídricas da cultura. A ausência de regularidade na distribuição da precipitação pluviométrica no semiárido paraibano, faz com que necessite-se do uso de irrigação para produzir a cana-de-açúcar.

Deste modo, evidencia-se que determinadas regiões do Brasil possuem clima ideal para esta cultura, sem quaisquer restrições, ao passo que outras apresentam algumas restrições térmicas e/ou hídricas moderadas, podendo mesmo assim garantir uma produção economicamente viável. Por outro lado, há regiões como a região do semiárido paraibano em que as restrições são limitantes e o cultivo só é possível, para o fim econômico, se existir a implantação de variedades adaptadas e de técnicas e/ou manejo para suprir as deficiências hídricas.

## **CONCLUSÕES**

No recorte temporal utilizado, ficou evidente que os elementos climáticos são condicionantes na quantidade de cana-de-açúcar produzida dos municípios de Sousa-PB e Patos-PB, sendo a variável temperatura a única a se adequar às condições climáticas exigidas para o desenvolvimento ótimo da cana-de-açúcar no semiárido paraibano.

O semiárido paraibano apresenta restrições quanto à precipitação média e umidade relativa para o cultivo da cana-de-açúcar. Devido aos períodos recorrentes de seca que a região apresenta, é imprescindível um custo econômico com irrigação para suprir a demanda de grande volume de água que a produção canaveira necessita.

Para aumentar a produção da cana-de-açúcar no semiárido paraibano, torna-se necessário uma ação adaptativa eficiente, levando em consideração as exigências e aptidões climáticas do semiárido,

de modo a alterar os padrões de atividade agrícola para capitalizar oportunidades e minimizar os impactos negativos.

## REFERÊNCIAS

- AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. João Pessoa, 2015.
- BRASIL. Ministério da integração nacional. **Relatório final grupo de trabalho interministerial para redelimitação do semi-árido nordestino e do polígono das secas**. Brasília: MIN, 2005.
- CÂMARA, G. M. S. Ecofisiologia da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G. M. S. OLIVEIRA, E. A. M. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 31-64.
- CAMARGO, P. N. **Fisiologia da Cana-de-Açúcar**. Piracicaba: ESALQ/Departamento de Agricultura e Horticultura. 1970.
- CARDOSO, N. P.; SENTELAS, P. C. Efeitos climáticos na maturação da cana-de-açúcar sob a influência das cultivares e da idade da cultura. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 6, 2013.
- CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: Funep, 1991.
- CASTRO, P. R. C. Maturadores químicos em cana-de-açúcar. In: Semana da cana-de-açúcar de Piracicaba, 4., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Saccharum, v. 1, 1999. p. 12-16.
- CESAR, M. A. A. *et al.* Capacidade de fosfatos naturais e artificiais em elevar o teor de fósforo no caldo de cana-de-açúcar (cana-planta), visando o processo industrial. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 6, p. 32-38, 1987.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. v. 4, safra 2017/18, n. 2, 2017. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em: 20 set. 2017.
- DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979.
- FARIAS, C. H. A. *et al.* Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 356-362, 2008.
- FIGUEIREDO, I. C.; MACIEL, B. F.; MARQUES, M. O. A qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para produção de álcool. **Nucleus**, p. 82-92, 2008. Edição especial.
- FREITAS, C. E. **Qualidade da matéria prima**. Brasília: Embrapa, 2007.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <[sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas](http://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas)>. Acesso em: 20 set. 2017.

IBGE, **Cidades**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <[cidades.ibge.gov.br](http://cidades.ibge.gov.br)>. Acesso em: 20 set. 2017.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos para o ensino e pesquisa**. 2017. Disponível em: <[www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep)>. Acesso em: 20 set. 2017.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Ipeadata Regional**. 2015. Disponível em: <[www.ipeadata.gov.br/Default.aspx](http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx)>. Acesso em: 11 ago. 2017.

MELO, F. H.; FONSECA, E. G. **Proálcool, energia e transportes**. São Paulo: Pioneira: FIPE, 1981.

MOURA, M. S. B. *et al.* Balanço de energia na cana-de-açúcar irrigada no submédio São Francisco. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. 2007, Mossoró. **Anais...** Mossoró: VII CONIRD, 2007.

NELSON, G. C. *et al.* Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks. **PNAS**, v. 111, n. 9, p. 3274-3279, 2014.

PBMC, Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Relatórios PBMC – PT**. Atualizado. Rio de Janeiro: PBMC, 2016.

QGIS, **Programa Qgis 2.18**, 2017. Disponível em: <[www.qgis.org/pt\\_BR/site/index.html](http://www.qgis.org/pt_BR/site/index.html)>. Acesso em: 20 set. 2017.

RANIERI, S. B. L., BARRETTO, A. G. O. P., KLUG, I. L. F. Potencial de desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar para o estado do Maranhão. In: Pólo Nacional de Biocombustíveis. **Estudo comparativo do potencial de produção de etanol no Maranhão**: vantagens competitivas e comparativas. ESALQ, Piracicaba, 2007. p. 1-69.

REZENDE, M. L.; RICHARDSON, J. W. Economic feasibility of sugar and ethanol production in Brazil under alternative future prices outlook. **Agricultural Systems**, v. 138, n. 1, p. 77-87, 2015.

SALASSIER, Bernardo. Manejo da irrigação na cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 16., 2006, Goiás. **Anais...** Brasília: ABID, 2006.

VAREJÃO-SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. **Zoneamento de aptidão climática do Estado de Pernambuco para três distintos cenários pluviométricos**. (Relatório Técnico). Recife: COTEC/DATA AGROS/SPRRA-PE, p. 38, 2001.

ZULLO JUNIOR, J.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. Alterações devem deslocar culturas agrícolas. **Scientific American Brasil**, v. 74, p. 72-77, 2008.