



# Consumo de água irrigada nos maiores municípios canavieiros de Sergipe

Irrigated water consumption in the largest sugarcane-growing municipalities in Sergipe

R. R. F. de Lima<sup>1\*</sup>; I. F. de Sousa<sup>1</sup>; A. H. de C. Teixeira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, 49100-000, São Cristóvão-Sergipe, Brasil

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, 49100-000, São Cristóvão-Sergipe, Brasil

\*rafaelarielrodrigo@gmail.com

(Recebido em 17 de abril de 2024; aceito em 08 de agosto de 2024)

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma importante cultura agrícola para os países produtores e é a matéria-prima para a produção de açúcar e álcool. Seu ciclo produtivo demanda um expressivo volume de água que, devido a fatores climáticos, pode sofrer com a escassez hídrica e comprometer a produtividade da commodity e dos seus coprodutos. O objetivo deste trabalho é analisar o consumo da água irrigada nos principais municípios sergipanos produtores de cana-de-açúcar. A metodologia empregada possui caráter exploratório, de natureza quali-quantitativa, com coleta de dados secundários, pesquisa bibliográfica e a delimitação da área de estudo. A análise dos dados demonstrou uma falta de sincronia entre a área dos canaviais, o volume produzido e o consumo de água irrigada nos municípios sergipanos de Laranjeiras, Japarutuba, Maruim, Capela e Siriri, demonstrando haver necessidade de readequação do sistema produtivo de forma a otimizar o uso dos recursos hídricos empregados no processo de cultivo da cana-de-açúcar. Além disso, a projeção do consumo de água irrigada até o ano de 2040 demonstra, juntamente com a série histórica de consumo de água irrigada para a cana-de-açúcar nesses municípios, que há uma redução dos reservatórios de água enquanto o consumo tende a ser alto e crescente. Concluiu-se que os cinco maiores municípios produtores de cana-de-açúcar em Sergipe, embora apresentem dinâmicas e características próprias, possuem divergências na relação entre a área ocupada pelos canaviais, o volume produzido e o consumo de água irrigada demandando ações de correções e análise da situação, de forma a diminuir o impacto ambiental.

Palavras-chave: produtividade, recursos hídricos, sustentabilidade.

Sugarcane (*Saccharum* spp.) is an important agricultural product for producing countries and is the raw material for the production of sugar and alcohol. Its production cycle demands a significant volume of water which, due to climatic factors, can suffer from water scarcity and compromise the productivity of the commodity and its co-products. The objective of this study is to analyze the consumption of irrigated water in the main sugarcane-producing municipalities in Sergipe. The methodology used has an exploratory character, of a qualitative and quantitative nature, with secondary data collection, bibliographical research and delimitation of the study area. Data analysis demonstrated a lack of synchrony between the area of sugarcane fields, the volume produced and the consumption of irrigated water in the Sergipe municipalities of Laranjeiras, Japarutuba, Maruim, Capela and Siriri, demonstrating that there is a need to readapt the production system to optimize the water resource used in the sugarcane cultivation process. Furthermore, the projection of irrigated water consumption until 2040 demonstrates, together with the historical series of irrigated water consumption for sugarcane in these municipalities, that there is a reduction in water reservoirs while consumption tends to increase. It was concluded that the five largest sugarcane producing municipalities in Sergipe. However, they have their dynamics and characteristics and have divergences in the relationship between the area occupied by sugarcane fields, the volume produced and the consumption of irrigated water, requiring corrective and analysis of the situation in a way that results in less environmental impact.

Keywords: productivity, water resources, sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é a principal matéria-prima para a produção de açúcar e de álcool sendo cultivada em aproximadamente 107 países, dos quais o Brasil, a Índia, a China, a

Tailândia e o Paquistão figuram como os principais produtores, respectivamente [1], perfazendo uma área de cultivo de 26,1 milhões de hectares em todo o planeta [2]. Essa cultura possui participação significativa na economia dos países produtores tendo em vista a demanda dos produtos gerados ao mesmo tempo em que se apresenta com desafios ambientais a serem superados [3-4].

Cultivada em áreas tropicais e subtropicais, a cana-de-açúcar é afetada por fatores de ordem natural e antropogênica. Esses fatores, quando combinados, podem gerar problemas de desenvolvimento dos canaviais como a escassez hídrica, que restringe fortemente o sucesso no cultivo da cana-de-açúcar [5]. Nesse sentido, a seca, enquanto um fenômeno planetário, está relacionada a fatores como o aumento da temperatura global e o aumento do potencial de evaporação consequente do aumento da temperatura e do baixo volume precipitado [6]. Evidentemente, as ações antrópicas têm prejudicado a produtividade da cana-de-açúcar em todo o planeta, tendo a seca como um elemento determinante nesse processo, que induz a variações de qualidade e do rendimento do caldo produzido [7].

A cultura canavieira no Brasil ocupa uma área de, aproximadamente, 10 milhões de hectares, distribuídos em todo o território nacional e caracterizada por utilização de irrigação em 36% de toda a área de cultivo, dos quais a maior parte desse percentual é destinada para a manutenção inicial da cultura tendo em vista que sua sujeição ao déficit hídrico durante algum momento do seu desenvolvimento [2] acarreta em efeitos negativos na produtividade da cana-de-açúcar, com reflexos nas cadeias produtivas dos seus coprodutos. Esse cenário de utilização de água para o cultivo de cana-de-açúcar é uma tônica necessária para o sucesso dessa cultura no Brasil tendo em vista que nesse país o aumento da escassez hídrica provocou a queda da produtividade [5].

Ao considerar a necessidade de irrigação da cana-de-açúcar à luz das emergências climáticas e da necessidade de continuidade da produção, este trabalho objetiva analisar o consumo da água irrigada nos principais municípios sergipanos produtores de cana-de-açúcar de forma a verificar o quadro atual e futuro de consumo desse recurso hídrico, servindo de instrumento analítico para políticas públicas quanto ao manejo empregado atualmente na produção canavieira em Sergipe.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa possui caráter exploratório, de natureza quali-quantitativa, com coleta de dados secundários, com a realização de pesquisa bibliográfica e delimitação da área de estudo, como segue.

### 2.1 Área de estudo

O recorte espacial utilizado neste estudo corresponde às áreas dos municípios sergipanos de Laranjeiras, Maruim, Siriri, Capela e Japaratuba, como pode ser observado na Figura 1. Esses municípios estão inseridos no bioma Mata Atlântica e, juntos, possuem uma área total de 1.234,058 km<sup>2</sup> que abriga uma população de 95.382 sergipanos, com 58,8% desse quantitativo populacional ocupado, e representam R\$ 87.643,77 do PIB per capita sergipano [8].

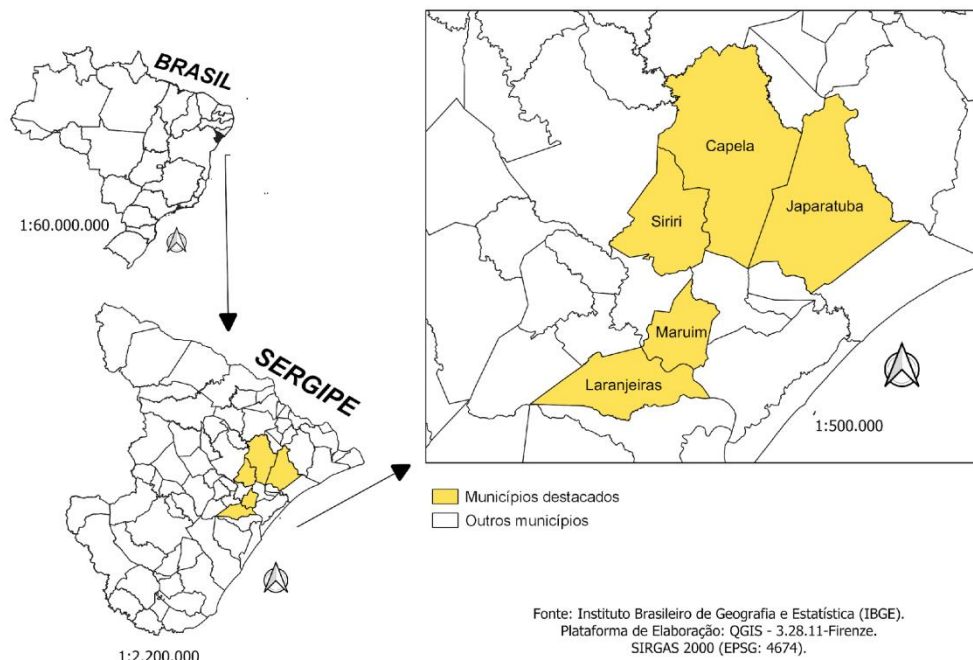


Figura 1: Localização de Sergipe, no nordeste do Brasil, e dos principais municípios canavieiros destacados em amarelo. Fonte: de Lima et al. (2024) [8].

As características ambientais de clima (de subúmido a subúmido seco), vegetação (de mata secundária a manguezal) e a hidrografia desse conjunto de municípios estão elencadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características naturais dos municípios de Laranjeiras, Japarutuba, Maruim, Capela e Siriri em Sergipe.

Municípios	Clima	Vegetação	Hidrografia
Laranjeiras	Subúmido	Mata secundária (Mata Atlântica), Manguezal	Rio Sergipe, Rio Cotinguiba, Rio Poxim-Açu
Japarutuba	Subúmido a seco	Mata secundária (Mata Atlântica)	Rio Japarutuba, Rio Japarutuba Mirim, Rio Sapucaia, Rio Betume
Maruim	Subúmido	Mata secundária (Mata Atlântica), Manguezal	Rio Sergipe, Rio Siriri, Rio Ganhamoroba
Capela	Subúmido a seco	Mata secundária (Mata Atlântica)	Rio Japarutuba, Rio Japarutuba Mirim
Siriri	Subúmido	Mata secundária (Mata Atlântica)	Rio Sergipe, Rio Siriri

Fonte: Adaptado de Observatório de Sergipe (2021) [9].

## 2.2 Obtenção de dados secundários e Pesquisa bibliográfica

Os dados secundários foram obtidos nas plataformas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA -, relativos ao Atlas Irrigação, ao uso Consuntivo de Água e à Projeção de consumo de água, considerando a tipologia e o território dos municípios. No Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, na plataforma do Censo Agro 2017, foram coletados dados relativos à produção e ocupação da canavieira na área de estudo. Os dados de ambas as autarquias foram coletados e organizados de acordo com a sequência de produção de cana-de-açúcar e segregados em gráficos distintos de forma a evidenciar o panorama do uso da água irrigada na atividade agrícola canavieira adequadamente relacionada à produção agrícola total dessa cultura.

É válido ressaltar que há uma dificuldade nesse tipo de pesquisa conforme esclarece a referida agência estatal, aduzindo que

A estimativa do uso da água é um desafio, especialmente considerando a escala espacial (nacional, por município) e temporal (mensal, de 1931 a 2030). Inventários de medições são escassos no Brasil, mesmo na escala de um único município ou de uma pequena bacia hidrográfica (ANA, 2019, p. 9 [10]).

Ainda assim, os dados utilizados neste trabalho foram tratados e publicizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico e se referem a cada município desde a sua criação. Outra observação importante a ser realizada sobre os dados relativos ao uso da água pela canavieira, conforme a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, é que a irrigação desta

apresenta peculiaridades que dificultam a identificação das áreas irrigadas e a estimativa do uso da água, tais como: a aplicação em larga escala de baixas lâminas de irrigação; o elevado reuso de água dos processos industriais de produção de etanol; e a grande mobilidade e variedade dos equipamentos utilizados (ANA, 2019, p. 49 [10]).

Os dados disponibilizados derivam de estimativas baseadas em técnicas geotecnológicas e em trabalhos de campo realizados por essa agência estatal não detalhados na fonte de coleta utilizadas neste trabalho. No entanto, ressalte-se que houve, por parte da ANA o cuidado para não superestimar o uso da água nessa cultura, motivo que a fez não diferenciar se o uso da água é suplementar ou não.

A literatura científica foi consultada nas plataformas *Sciencedirect* e Periódicos Capes, em ambos os casos, utilizando os descritores “sugarcane+irrigation”, “sugarcane+water” e “sugarcane”, sem restrição de idioma e com restrição temporal para os anos de 2020 a 2024. Os artigos foram selecionados de acordo com o princípio da revisão narrativa da literatura e empregados para a contextualização do estudo ora posto.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os municípios de Laranjeiras, Japaratinga, Marumim, Capela e Siriri, respectivamente, são os maiores produtores de cana-de-açúcar no estado de Sergipe, como pode ser observado na Figura 2, produzindo, juntos 1.127.404 toneladas dessa *commodity*.

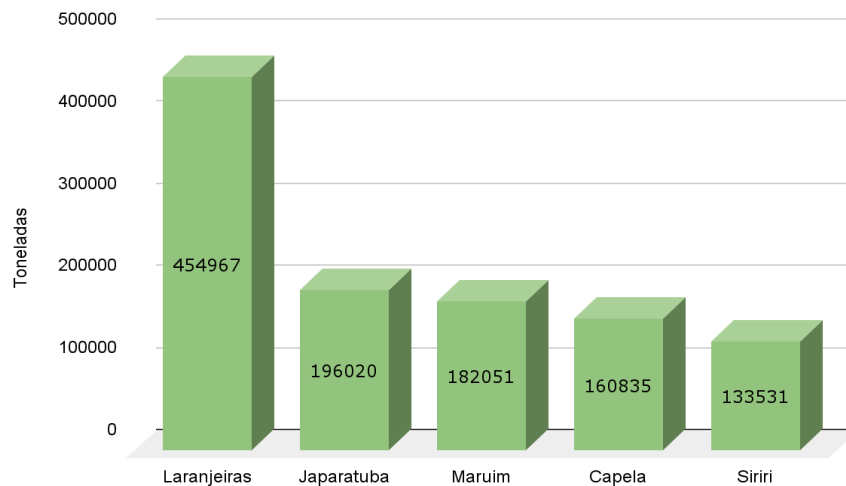


Figura 2: Ranking dos principais municípios sergipanos produtores de cana-de-açúcar. Fonte: Adaptado de IBGE (2017) [11].

Essa produção agrícola apresenta características próprias em cada um desses municípios, ainda que estejam geograficamente próximos e conectados. Conforme a Figura 3, não existe uma proporcionalidade entre o quantitativo de estabelecimentos produtores de cana-de-açúcar e a área ocupada pelos canaviais. Laranjeiras, o maior município produtor, possui apenas 26 estabelecimentos produtores que ocupam uma área de 8.350 ha que forma um cenário produtivo que se contrapõe aos demais municípios, especialmente o de Capela, que possui 264 estabelecimentos que ocupam 4.072 ha, ocupando o quarto lugar em volume de produção. Disso se depreende que existem fatores relacionados ao uso e ocupação do solo que interferem, negativamente, no resultado final da safra e que não são coerentemente tratados dentro dos escopos das políticas públicas relacionadas à ocupação do solo e à produção canavieira [8], tendo em vista que esse cenário não foi construído de forma repentina, mas ao longo da história da canavicultura em Sergipe.

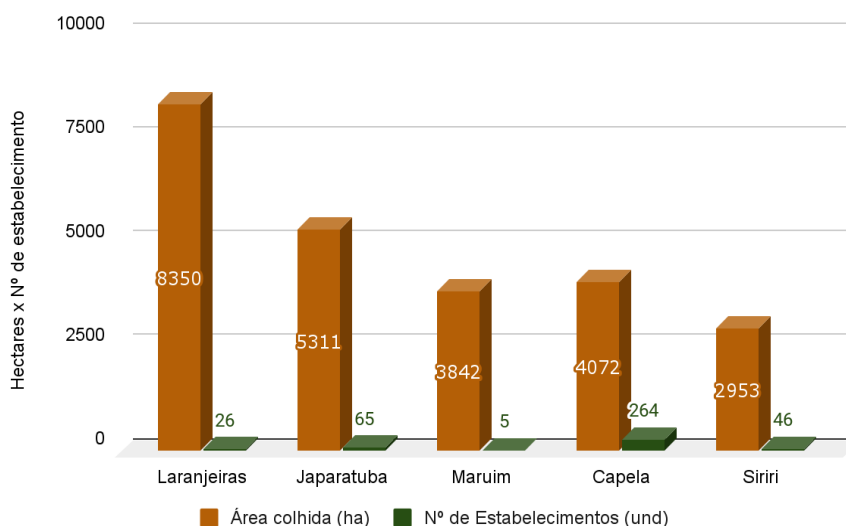


Figura 3: Ranking dos principais municípios sergipanos produtores de cana-de-açúcar em relação à área colhida. Fonte: Adaptado de IBGE (2017) [11].

A água usada na irrigação na área sergipana, como pode ser observado na Figura 4, é destinada majoritariamente para a cana-de-açúcar, seguida do conjunto de outras culturas e da rizicultura, respectivamente. Essa necessidade por água é justificada porque a deficiência hídrica afeta a produtividade das variedades de cana-de-açúcar tendo em vista que a morfologia desse vegetal é

extremamente prejudicada por esse tipo de estresse, impedindo o pleno crescimento e o desenvolvimento do colmo e da altura da planta [12] e promove prejuízos fisiológicos relacionados à condutância estomática, à transpiração, à fotossíntese e à respiração [7]. O reflexo do estresse hídrico na cana-de-açúcar envolve ainda a redução da matéria seca, da taxa de crescimento da parte aérea e da área foliar e a menor concentração da sacarose na parte aérea, o que provoca a redução da produtividade em até 60% [12].

Dessa maneira, a irrigação limita e amortece a queda da produtividade da cana-de-açúcar [13] permitindo a manutenção do ciclo produtivo e a alimentação das cadeias produtivas que dependem dessa cultura.

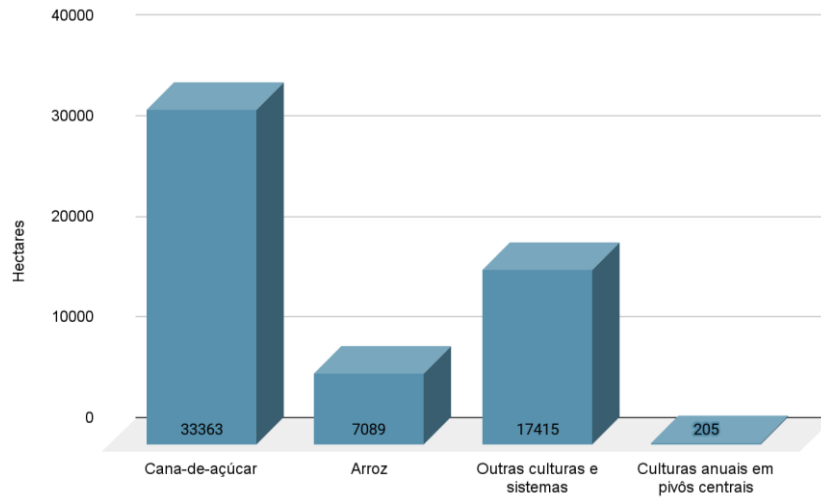


Figura 4: Tipologia de irrigação no estado de Sergipe, em hectares. Fonte: Atlas Irrigação (2021) [14].

A análise da distribuição do volume de água irrigada em Sergipe, considerando os maiores municípios produtores de cana-de-açúcar, conforme a Figura 5, demonstra que há uma disparidade entre o volume produzido, como mostrado na Figura 2, com o consumo do recurso hídrico. Os municípios de Laranjeiras e de Capela são os maiores consumidores de água irrigada para a canavieira. No entanto, há uma discrepância na relação entre a produção e o consumo de água irrigada em Capela, ao passo que em Japarutuba, a situação é o oposto, em que há um consumo de água menor e maior produção dessa *commodity*.

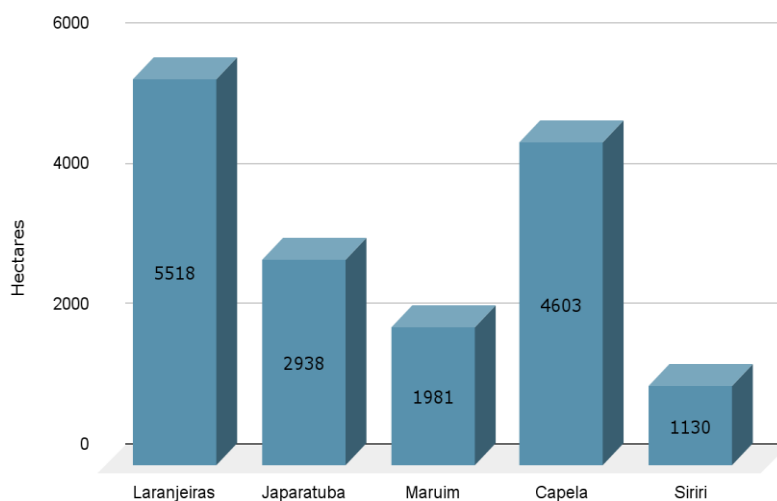


Figura 5: Área irrigada nos municípios sergipanos de Laranjeiras, Japarutuba, Maruim, Capela e Siriri.

Fonte: Atlas Irrigação (2021) [14].

Ao retroceder a análise de consumo de água irrigada em uma série histórica, como demonstrado na Figura 6, o consumo de água nesses municípios, no período de 1991 a 2023 revela um período de extremo consumo entre 1995 e 2010, quando o consumo de água destinada à irrigação passa a apresentar uma relativa estabilidade. É necessário observar que, em toda a série histórica, o consumo da água na irrigação ficou acima de 50%, demonstrando a necessidade ambiental e produtiva de fornecimento de água para a manutenção da produção agrícola canavieira e de ações para a promoção do consumo consciente e racional da água pelos setores demandantes. Nesse cenário, é importante ressaltar que o município de Maruim não apresenta dados sobre o consumo de água na irrigação em praticamente toda a série histórica.

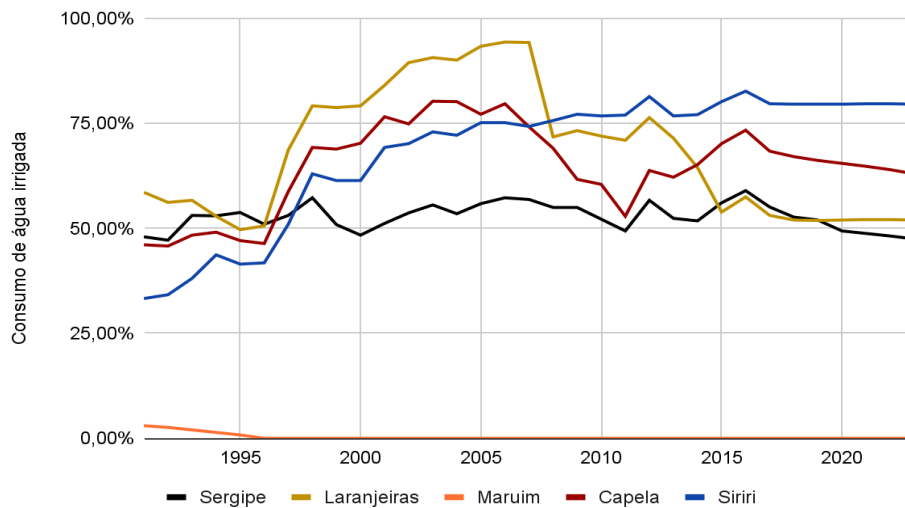


Figura 6: Uso consuntivo da água em Sergipe, irrigação, entre 1991 e 2023. Fonte: ANA (2024) [15].

A situação da disponibilidade de água nesses municípios apresenta uma dinâmica preocupante quando se analisa sob o ponto de vista de manutenção da atividade agrícola e do abastecimento humano uma vez que

Observa-se que, ao contrário do que ocorre em Laranjeiras e em Maruim, onde existe a preponderância de corpos hídricos naturais, em Capela e Siriri há uma alta dependência de reservatórios, o que implica em possíveis situações de vulnerabilidade hídrica em casos de eventos climáticos adversos que possam afetar o abastecimento desses municípios. Em Japaratuba, a relação entre os tipos de abastecimento são muito próximas de um equilíbrio e, para que situações de instabilidade de abastecimento e alto consumo não coloquem a população e os ciclos produtivos em risco, são necessárias ações de controle da distribuição, eficiência dos sistemas hídricos e do consumo dos atores sociais (Lima et al., 2024, p. 8 [8]).

Verifica-se, assim, que o histórico de consumo de água na irrigação nesses municípios e a discrepância na relação entre a produção e o consumo revelam uma ingerência recorrente nesse tipo de produção agrícola e no fornecimento de água que pode afetar negativamente, em um futuro próximo, o setor sucroenergético e a população sergipana, principalmente devido às modificações climáticas que geram a diminuição dos recursos hídricos e alterações no padrão de precipitações, de forma global [7].

As condições extremas de clima devem se acentuar; portanto, espera-se maior irregularidade climáticas com secas e enchentes mais severas, conseqüentemente, com maior risco de perdas agrícolas. Para continuar produzindo nesse cenário desafiador, o setor sucroenergético do Nordeste tende a ampliar a área irrigada e adequar os plantios (espaçamento) à colheita mecanizada (Vidal, 2023, p. 8 [16]).

A projeção do consumo de água nesses municípios, como pode ser observado na Figura 7, apresenta-se de forma crescente até o ano de 2040. Porém, considerando as discrepâncias observadas e o fato de que esses municípios apresentam baixa ocupação do solo por corpos hídricos [8], é evidente que o setor produtivo agropecuário e a sociedade, enquanto demandante de abastecimento urbano e rural, carecem de ações, não apenas para minimizar o uso da água, de forma racional, como também observarem o hábito de consumo de produtos derivados da cana-de-açúcar, a fim de promover a sustentabilidade.

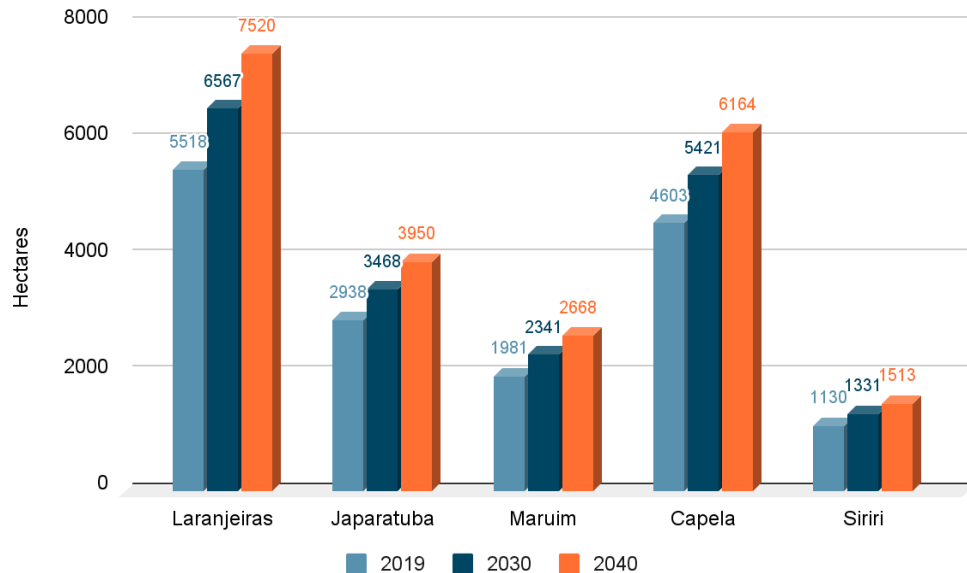


Figura 7: Projeção da área irrigada nos municípios sergipanos de Laranjeiras, Japaratuba, Maruim, Capela e Siriri até 2040. Fonte: Atlas Irrigação (2021) [17].

De forma complementar à demanda de água, há ainda o impacto na indisponibilização da água doce em virtude da antropização derivada da produção agrícola da cana-de-açúcar. O uso de agrotóxicos no ciclo produtivo da cana-de-açúcar, que representa até 25% do custo total de produção, resulta na eutrofização da água, doce e marinha, por contaminação desse tipo de insumo, afetando a saúde humana em decorrência da possibilidade de surgimento de cânceres nos seres humanos [3, 18].

Obviamente, a qualidade da água impacta nas características e propriedades do solo e na adequação da cultura da cana-de-açúcar e da respectiva produtividade [19] e ações que melhorem a eficiência do uso da água como a adição de N e Si no ciclo produtivo de cana-de-açúcar provocou a eficiência do consumo de água [2] e a introdução de linhagens dos *Bacillus licheniformis* FMCH001 (DSM32154) e *Bacillus subtilis* FMCH002 (DSM32155) que promoveu a eficiência do uso da água [20] são formas que podem fomentar a sustentabilidade da cadeia produtiva canavieira e das comunidades direta e indiretamente envolvidas nesse ciclo de produção agrícola.

#### 4. CONCLUSÃO

A importância econômica da cana-de-açúcar é inquestionável quando se analisa apenas sob a perspectiva de geração de riqueza econômica. No entanto, questões socioambientais não podem ser desconsideradas da equação que garante a manutenção dessa cultura. Em Sergipe, o uso da água irrigada para a canavieira é uma realidade justificada sob o ponto de vista produtivo, mas que se contrapõe à disponibilidade de água nessa área e à relação entre o resultado final da produção e o consumo de água irrigada.

Verificou-se que os cinco maiores municípios produtores de cana-de-açúcar em Sergipe, embora apresentem dinâmicas e características próprias, possuem divergências na relação entre a



área ocupada pelos canaviais, o volume produzido e o consumo de água irrigada demandando ações de correções e análise da situação de forma que se produza com menos impacto ambiental.

A taxa de demanda por água, nesses municípios, é crescente até o ano de 2040, necessitando que as ações mencionadas sejam tomadas no presente.

Uma limitação encontrada no desenvolvimento deste trabalho é a indisponibilidade de maiores informações, como ocorre com a literatura científica, sobre essa localidade e informações geoespaciais sobre essas áreas, em uma série histórica, que poderiam evidenciar, com mais clareza, a dinâmica da cana-de-açúcar nesses municípios. Tal limitação, em parte, pode ser contornada, inicialmente, a partir deste trabalho, e, futuramente, com o avanço de tecnologias e mapeamento dessas áreas específicas.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wickramasinghe KP, Kong CY, Lin XQ, et al. Photoperiodic and lighting treatments for flowering control and its genetic regulation in sugarcane breeding. *Heliyon*. 2024;10(7):e28531. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e28531
2. Farias-Ramírez AJ, Duarte SN, Moreno-Pizani MA, et al. Combined effect of silicon and nitrogen doses applied to planting furrows on sugar, biomass and energy water productivity of sugarcane (*Saccharum* spp.). *Agric Water Manag*. 2024;296:108796. doi: 10.1016/j.agwat.2024.108796
3. Aguado-Santacruz GA, Arreola-Tostado JM, Aguirre-Mancilla C, et al. Use of systemic biofertilizers in sugarcane results in highly reproducible increments in yield and quality of harvests. *Heliyon*. 2024;10(7):e28750. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e28750
4. Sheshdeh AS, Sabour MR, Mohammadi F, et al. Early environmental sustainability guidance on supercritical water gasification technologies for sugarcane bagasse management. *Sustain Prod Consum*. 2024;44:312-29. doi: 10.1016/j.spc.2023.12.014.
5. Qin N, Lu Q, Fu G, et al. Assessing the drought impact on sugarcane yield based on crop water requirements and standardized precipitation evapotranspiration index. *Agric Water Manag*. 2023;275:108037. doi: 10.1016/j.agwat.2022.108037
6. Guga S, Ma Y, Riao D, et al. Drought monitoring of sugarcane and dynamic variation characteristics under global warming: A case study of Guangxi, China. *Agric Water Manag*. 2023;275:108035. doi: 10.1016/j.agwat.2022.108035
7. Mohanraj K, Hemaprabha G, Vasantha S. Biomass yield, dry matter partitioning and physiology of commercial and *Erianthus* introgressed sugarcane clones under contrasting water regimes. *Agric Water Manag*. 2021;255:107035. doi: 10.1016/j.agwat.2021.107035
8. de Lima RRF, de Sousa IF, Teixeira AHC, et al. Socio-environmental overview of the main sugarcane producing municipalities in Sergipe between the years of 2001 and 2022. *Rev Gestão Social e Amb*. 2024;18(3):e04787. doi: 10.24857/rgsa.v18n3-070
9. Observatório de Sergipe. Panorama dos municípios sergipanos [Internet]; [acesso em 01 fev 2024]. Disponível em: <https://observatorio.se.gov.br/panorama-dos-municipios-sergipanos/>
10. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Manual de usos consuntivos de água no Brasil. Brasília (DF): ANA; 2019.
11. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo Agropecuário 2017 [Internet]; ©2017 [acesso em 31 jan 2024]. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br>
12. Batista LMT, Ribeiro Junior WQ, Ramos MLG, et al. Effect of irrigation on sugarcane morphophysiology in the Brazilian Cerrado. *Plants*. 2024;13(7):937. doi: 10.3390/plants13070937
13. Ngcobo S I, Hill TR, Jewitt G, et al. A yield gap analysis to assess vulnerability of commercial sugarcane to climatic extremes in southern Africa. *J Agric Food Res*. 2023;14:100734. doi: 10.1016/j.jafr.2023.100734
14. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Atlas Irrigação 2021: Uso da água na agricultura irrigada (2ª edição) [Internet]; [acesso em 31 jan 2024]. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/dashboards/911d339de2944eb79e4f0b8a96e65b8b>
15. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Usos consuntivos da água no Brasil (1931-2030) [Internet]; [acesso em 05 abr 2024]. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usuarios-da-agua>
16. Vidal MF. Agroindústria: Açúcar. Fortaleza (CE): BNB; 2023.
17. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Área Irrigada atual e projeções para 2030 e 2040, por tipologia e município (Planilha) [Internet]; [acesso em 31 jan 2024]. Disponível em: [https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/1b19cbb4-10fa-4be4-96db-b3dcd8975db0/attachments/\\_ANA\\_AtlasIrrigacao\\_AreaAtual\\_Projecao2030-2040\\_env.xlsx](https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/1b19cbb4-10fa-4be4-96db-b3dcd8975db0/attachments/_ANA_AtlasIrrigacao_AreaAtual_Projecao2030-2040_env.xlsx)

18. Ramachandran K, Gnanasagaran CL. Life cycle assessment of sugarcane bagasse based natural composites prepared via vacuum bagging technique. *Bioresour Technol Reports*. 2024;26:101811. doi: 10.1016/j.biteb.2024.101811
19. Manzoor M, Khan MZ, Ahmad S, et al. Optimizing sugarcane growth, yield, and quality in different ecological zones and irrigation sources amidst environmental stressors. *Plants*. 2023;12(20):3526. doi: 10.3390/plants12203526
20. Almeida LCO, Santos HL, Nogueira CHDC, et al. Plant growth-promoting bacteria enhance survival, growth, and nutritional content of sugarcane propagated through pre-sprouted seedlings under water deficit. *Agriculture*. 2024;14(2):189. doi: 10.3390/agriculture14020189