

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PRODUTIVIDADE DE VARIEDADES DE CANA-DE-
AÇUCAR SOB LÂMINAS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE
IRRIGAÇÃO DE SALVAMENTO**

Caio Augusto Tritapepe
Engenheiro Agrônomo

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PRODUTIVIDADE DE VARIEDADES DE CANA-DE-
AÇUCAR SOB LÂMINAS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE
IRRIGAÇÃO DE SALVAMENTO**

Discente: Caio Augusto Tritapepe

Orientador: Prof. Dr. Rogério Teixeira de Faria

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo)

T839p Tritapepe, Caio Augusto
Produtividade de variedades de cana-de-açúcar sob lâminas e
épocas de aplicação de irrigação de salvamento / Caio Augusto
Tritapepe. -- Jaboticabal, 2026
39 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Rogério Teixeira de Faria

1. Manejo da irrigação. 2. Estresse hídrico. 3. Agricultura irrigada.
4. Água. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PRODUTIVIDADE DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB LÂMINAS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE IRRIGAÇÃO DE SALVAMENTO

AUTOR: CAIO AUGUSTO TRITAPEPE

ORIENTADOR: ROGÉRIO TEIXEIRA DE FARIA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo), pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **ROGERIO TEIXEIRA DE FARIA**
Data: 21/01/2026 10:02:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. ROGÉRIO TEIXEIRA DE FARIA (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 **CLEBIO SANTO MATIOLI**
Data: 22/01/2026 11:05:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. CLEBIO SANTO MATIOLI (Participação Virtual)
Matioli Projetos e Consultoria Ltda / Piracicaba/SP

Documento assinado digitalmente
 **ALEXANDRE BARCELLOS DALRI**
Data: 21/01/2026 22:26:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. ALEXANDRE BARCELLOS DALRI (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 19 de janeiro de 2026.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

CAIO AUGUSTO TRITAPEPE – nascido em São Manuel em, 04 de março de 1992, formou-se como Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual Paulista - FEIS, no ano de 2016. Concluiu o curso de especialização pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo - USP na área de solos e nutrição de plantas no ano de 2021. Iniciou sua carreira profissional como trainee no grupo São Martinho, unidade Boa Vista, localizada em Quirinópolis – GO, atuando na área de tratamentos culturais nos processos de fertirrigação e irrigação. Após este período de dois anos, foi efetivado como líder de processos agrícolas para o setor de irrigação. Atualmente, está como suporte técnico de processos de fertirrigação, irrigação e nutrição de plantas na unidade São Martinho em Pradópolis-SP.

DEDICATÓRIA

À minha família (Tamiris, Maria Clara e Vicente) que, durante a execução deste trabalho aumentou com a chegada do Vicente.

Aos meus pais (Ângelo José Tritapepe e Claudia Regina Santiago Tritapepe) e irmã (Gabriela Tritapepe), que estiveram juntos comigo frente a esta etapa de minha vida pessoal e profissional.

Aos familiares por parte de minha esposa que sempre estiveram torcendo por mim.

Em especial a minha esposa (Tamiris), que soube entender e compreender meus horários e as prioridades em alguns momentos para a execução deste trabalho.

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
dissertação será disponibilizado
somente a partir de 19/01/2027

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter-me concedido mais esta etapa em minha vida pessoal e profissional.

Aos mestres e doutores da UNESP-FCAV – Câmpus Jaboticabal, pelos ensinamentos que me foram concedidos durante os períodos de aula e desenvolvimento do projeto e, em especial, à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, por toda a infraestrutura oferecida para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Alexandre Barcellos Dali, que me auxiliou e motivou durante o período de desenvolvimento do trabalho.

A meu orientador, Prof. Dr. Rogério Teixeira de Faria, por ter-me dado ensinamentos, apoio e confiança na evolução e conclusão deste trabalho.

Aos colegas da UNESP – FCAV, Daniel Machado, Julio Cesar, Deyse ele Alves, que me ajudaram nos momentos de dúvidas em relação ao programa de pós-graduação.

Aos amigos da Usina São Martinho, Eduarda Ramos, Frederico Siansi, Renato Ferreira, Carlos Faroni, Vinicius Alves, Gabriela Fernandes e Estevão Landell que sempre estiveram à disposição para me auxiliar nas demandas do experimento.

A toda minha família pelo apoio, suporte e motivação para continuar e não desistir dos meus sonhos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. OBJETIVOS	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3.1. A cultura da cana-de-açúcar e sua importância econômica.	6
3.2. Fisiologia da Cana-de-açúcar e Necessidade Hídrica.	7
3.3. Manejo do canavial em relação às condições climáticas.	11
3.4. Fatores Ambientais	13
3.4.1. Temperatura	13
3.4.2. Radiação Solar	14
3.4.3. Balanço Hídrico	14
3.4.4. Umidade do Solo	15
4. MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1. Delineamento e características da área experimental	16
4.2. Tratos culturais de campo e colheita	18
4.3. Aplicação de irrigação	19
4.4. Balanço Hídrico	20
4.5. Análise estatística	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.1. Experimento 1 - Lâminas de Irrigação	21
Toneladas de colmo por hectare (TCH)	21
Açúcares totais recuperáveis (ATR)	24
Toneladas de Pol por Hectare (TPH)	27
5.2. Experimento 2 - Tempos de Irrigação	29
Toneladas de colmo por hectare (TCH)	29
Açúcares Totais Recuperáveis (ATR)	32
Toneladas de Pol por Hectare (TPH)	34
6. CONCLUSÕES	37
7. REFERÊNCIAS	37

PRODUTIVIDADE DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB LÂMINAS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE IRRIGAÇÃO DE SALVAMENTO

RESUMO – O estresse hídrico é considerado um dos fatores ambientais mais limitante para a cultura da cana-de-açúcar, com potencial de queda na produtividade que pode ultrapassar os 40%. A “irrigação de salvamento” consiste na aplicação de lâminas de água em período de estiagem para suprir parcialmente a deficiência hídrica no pós-colheita e no plantio, visando acelerar brotação, perfilhamento e redução da morte de plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar indicadores de produtividade de variedades de cana-de-açúcar, sob lâminas de irrigação de salvamento, aplicadas em diferentes tempos após a colheita, na região nordeste do estado de São Paulo. Cinco variedades de cana-de-açúcar (CTC4, RB867515, CTC20, RB855156 e IACSP95-5094) foram avaliadas em dois experimentos para analisar os seguintes efeitos: a) Experimento 1 – Quatro lâminas de irrigação (0, 15, 30 e 60 mm) aplicadas aos 7 dias após a colheita; b) Experimento 2 – Quatro tempos de aplicação de irrigação com lâmina de 40 mm após a colheita (Não Irrigado - NI, 7, 14 e 28 dias). As irrigações foram aplicadas por um sistema de aspersão com uma barra linear irrigadora. Os resultados revelaram que a variedade RB855156 se destacou em produtividade, em média com 130 toneladas por hectare (TCH) e 166 quilos por hectare de açúcares totais recuperáveis (ATR), enquanto a CTC20 apresentou os menores valores para os mesmos parâmetros, com média de 104 t ha⁻¹ de TCH e 146 kg t⁻¹ de ATR, em ambos os experimentos. A lâmina de 60 mm aumentou TCH e ATR no terceiro e quarto corte, e o tempo de aplicação de irrigação aos 7 dias após a colheita promoveu os melhores resultados nos mesmos parâmetros em todos os cortes.

Palavras-chave: Estratégia de Irrigação. Estresse Hídrico. Manejo Hídrico. Perfilhos. Produtividade.

PRODUCTIVITY OF SUGARCANE VARIETIES UNDER IRRIGATION DEPTHS AND APPLICATION TIMES OF SALVAGE IRRIGATION

ABSTRACT - Water stress is considered the most critical and limiting environmental factor for sugarcane cultivation, with potential yield losses of up to 40%. The "salvage irrigation" consists of applying irrigation during dry periods to partially alleviate post-harvest water deficiency, aiming to accelerate tillering. The objective of this study was to evaluate productivity indicators of sugarcane varieties under salvage irrigation depths, applied at different times after harvest, in the northeastern region of the State of São Paulo. Five sugarcane varieties (CTC4, RB867515, CTC20, RB855156, and IACSP95-5094) were evaluated in two experiments to analyze the following: a) Experiment 1 – Four irrigation depths (0, 15, 30, and 60 mm) applied 7 days after harvest; b) Experiment 2 – Forty mm depth applied three timings after harvest (7, 14, and 28 days). Irrigation was applied using a linear move sprinkler system. Results reveal that variety that the variety RB855156 stood out in terms of yield, averaging 130 tons of sugar cane per hectare (TCH) and 166 kilos per hectare of total recoverable sugars (TRS), while CTC20 showed the lowest values for the same parameters, with an average of 104 tons of sugar cane per hectare (TCH) and 146 kilos per hectare of total recoverable sugars (TRS) in both experiments. The 60-millimeter irrigation depth increased TCH and TRS in the third and fourth harvests, and the irrigation applied 7 days after harvest resulted in the best outcomes for these parameters across all harvests.

Keywords: Water Stress. Productivity. Tillers. Water Management. Irrigation Strategy.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países de maior destaque do setor sucroenergético, uma vez que detém a maior produção mundial de cana-de-açúcar e pouco mais de um terço da cana cultivada no mundo. O país produz aproximadamente 685,7 milhões de toneladas de cana-de-açúcar por ano (safra 2024/2025) (CONAB, 2024). A expansão da cana-de-açúcar aumenta a cada ano em área plantada, bem como na geração de energia elétrica e etanol de segunda geração a partir do bagaço e/ou palha.

O cultivo de cana-de-açúcar é realizado em diversas regiões brasileiras, principalmente no sudeste e centro oeste, e a cada ciclo observa-se a expansão para áreas não tradicionais. Segundo Marin et al. (2011), as novas áreas estão localizadas principalmente na região Centro Oeste e Nordeste do país, que frequentemente estão sujeitas a um risco produtivo mais elevado, devido a períodos com déficit hídrico, com maior duração e intensidade que as regiões tradicionais.

A cultura da cana-de-açúcar é particularmente vulnerável às mudanças climáticas, que podem afetar tanto a produtividade quanto a qualidade da produção. Estudos indicam que o aumento da temperatura média e a variação nos padrões de precipitação podem levar a uma redução significativa na produção de cana-de-açúcar, especialmente em regiões tropicais e subtropicais. Além disso, eventos climáticos extremos, como secas prolongadas e chuvas intensas, podem causar danos severos às plantações, aumentando a incidência de pragas e doenças (Buckeridge et al., 2012; Silva et al., 2020).

Segundo Dalri et al. (2021), tanto o método de irrigação adotado quanto a variedade cultivada impactam de maneira significativa o rendimento da cultura (TCH). Segundos esses autores, quando irrigadas, as variedades CTC4, IACSP93-3046 e IAC91-1099, apresentam incrementos de produtividade de 50%, 42% e 24%, respectivamente, demonstrando o potencial da irrigação em função dos diferentes genótipos.

A irrigação de salvamento, também conhecida como irrigação suplementar, tem emergido como uma prática vital na cultura da cana-de-açúcar, especialmente em regiões sujeitas a déficits hídricos e variabilidade climática. Estudos têm demonstrado que a irrigação de salvamento pode melhorar significativamente o rendimento da cana-de-açúcar. Segundo Borges *et al.* (2018), a aplicação de água durante fases específicas do desenvolvimento da planta, como o período de alongamento dos colmos, podem resultar em aumentos substanciais na produtividade. Dalri e Cruz (2008) mostraram que a irrigação suplementar é particularmente

eficaz em solos com baixa capacidade de retenção de água, onde a disponibilidade hídrica natural é insuficiente para sustentar o crescimento ideal da cultura. Além dos benefícios diretos à produtividade há redução de custos com arrendamento e operações tornando viável economicamente a irrigação suplementar da cana soca de abril até julho (Matioli, 1998).

A eficiência da irrigação de salvamento depende de uma série de fatores, incluindo a variedade, época de aplicação, quantidade de água utilizada e a tecnologia de irrigação empregada. Coelho *et al.* (2019) destacaram que a utilização de sistemas de irrigação por gotejamento pode otimizar o uso da água, minimizando perdas por evaporação e percolação, e direcionando a água diretamente para a zona radicular das plantas. Este método não apenas aumenta a eficiência do uso da água, mas também contribui para a sustentabilidade ambiental, reduzindo a necessidade de recursos hídricos.

Outros estudos indicam que a irrigação de salvamento, apesar de não elevar a umidade do solo até a capacidade de campo, ainda é eficiente na atenuação dos efeitos do déficit hídrico, favorecendo uma brotação mais intensa e aumentando o número de perfilho na lavoura (Ferreira *et al.*, 2020). Outro ponto relevante é que, no cultivo irrigado, é possível alcançar índices de açúcares torais recuperáveis (ATR) similares ou superiores aos obtidos em áreas de sequeiro, além de proporcionar um aumento no TCH (Buffon *et al.*, 2021).

Além dos benefícios diretos na produtividade, a irrigação de salvamento também pode ajudar na mitigação dos impactos das mudanças climáticas na agricultura. Conforme discutido por Silva *et al.* (2014), a prática de irrigação suplementar pode atuar como uma estratégia adaptativa, permitindo que os agricultores mantenham níveis estáveis de produção mesmo em anos de seca ou com precipitação irregular. Este aspecto é crucial para a segurança alimentar e a sustentabilidade econômica das regiões produtoras de cana-de-açúcar.

6. CONCLUSÕES

- As variedades RB855156, CTC 4 e IACSP95-5094 se destacam positivamente em termos de produtividade e ATR, enquanto as variedades CTC20 e RB867515 apresentam os menores valores para esses parâmetros;
- A produtividade de cana por hectare (TCH) e o teor de açúcares totais recuperáveis (ATR) aumentam significativamente com aplicação de lâminas de irrigação de 60 mm;
- A irrigação iniciada aos 7 dias após a colheita foi mais eficiente na variedade RB855156.

7. REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711728, 2013.

ARRUDA, D. M.; FERNANDES-FILHO, E. I.; SOLAR, R. R. C.; SCHAEFER, C. E. G. R. Combining climatic and soil properties better predicts covers of Brazilian biomes. **The Science of Nature**, v. 104, n. 3–4, p. 32, 21 abr. 2017.

BALSAMO, R. A., et al. (2017). Water Deficit Affects the Dynamics of Sugarcane Tillering. **Agricultural Water Management**.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Software AgroEstat: Sistema de análises estatísticas de ensaios agronômicos**. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, Brasil, 2009.

Buckeridge, M. S., de Souza, A. P., & Arundale, R. A. (2012). Climate change and sugarcane production: potential impact and mitigation strategies. **BioEnergy Research**, 5(1), 1-14.

BUFON, V. B.; MAIA, F. C. DE O.; PEREIRA, R. M. Capítulo 26:Sistema Irrigado De Produção De Cana-De-Açúcar No Brasil: **Métodos, Recomendações E Resposta Produtiva**. [s.l: s.n.].

CINTRA, J. E. V.; FERREIRA, G. H.; CAMPONEZ DO BRASIL, R. P. Viabilidade da irrigação suplementar na fase inicial de desenvolvimento da cana-de-açúcar (*saccharum ssp.*) Em regiões com déficit hídrico. **Nucleus**, v. Ed Especial, n. Ed Especial, p. 111–119, 26 set. 2008.

CONAB, C. N. DO A. **ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA - Cana-de-Açúcar**. Brasília: [s.n.]. Acesso em: 27 mar. 2025.

DA SILVA, V. P. R., et al. (2014). Impact of irrigation on sugarcane yield in a semi-arid

environment using the DSSAT model. **Agricultural Water Management**, 133, 63-71.

DALRI, A. B.; COELHO, A. P.; SILVA, V. C. DA; FARIA, R. T. DE; FILHO, J. A. F. Adaptation and responsiveness of sugarcane cultivars under irrigated and rainfed production systems. **Engenharia Agricola**, v. 41, n. 5, p. 496–503, 2021.

DLAMINI, P. J. Drought stress tolerance mechanisms and breeding effort in sugarcane: A review of progress and constraints in South Africa. **Plant Stress Elsevier B.V.**, 1 dez. 2021.

FERREIRA, T. D. S.; CUNHA, F. F. DA; FERREIRA, L. B.; COSTA, F. M.; SILVA NETO, E. DA. Desenvolvimento inicial da cana-soca sob lâminas de irrigação de salvamento. **Agrarian**, v. 13, n. 50, 2020.

FUNDAÇÃO ABC. (2021). Classificação climática de Köppen do Estado de São Paulo. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. https://sma.fundacaoabc.org/climatologia/classificacao_climatica/sao_paulo.

GHEYI, H. R., et al. (2019). Sustainable Irrigation Management in Sugarcane Production: A Brazilian Case Study. **Water Resources Management**.

HOANG, N. V., et al. (2017). Sucrose Accumulation in Sugarcane: A Potential Target for Crop Improvement. **Agronomy**.

INMAN-BAMBER, N. G., & SMITH, D. M. (2005). Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, 92(2-3), 185-202.

INMAN-BAMBER, N.G. (1991) A growth model for sugarcane based on a simple carbon balance and the CERES-Maize water balance. **South African Journal of Plant Soil**, v.8, p.93-99.

JIANG, D., et al. (2012). Application of the DSSAT model to simulate sugarcane yield response to irrigation in China. **Agricultural Water Management**, 113, 55-63.

JONES, C.A.; KINIRY, J.R (1986). Ceres-maize: a simulation model of maize growth and development. **College Station: Texas A & M University**, 194p.

LI, X.; ZHAO, Y.; SHI, C.; SHA, J.; WANG, Z.-L.; WANG, Y. Application of Water Evaluation and Planning (WEAP) model for water resources management strategy estimation in coastal Binhai New Area, China. **Ocean & Coastal Management**, v. 106, p. 97–109, mar. 2015.

LOBATO, E., et al. (2017). Impact of Irrigation and Nitrogen Fertilization on Yield and Water Use Efficiency of Sugarcane in a Tropical Environment. **Agricultural Water Management**.

MARENGO, J. A., et al. (2020). Climate Change in Brazil: Past, Present, and Future. **Climatic**

Change

MARIN, F. R.; JONES, J. W. Process-based simple model for simulating sugarcane growth and production. *Scientia Agricola*, v. 71, n. 1, p. 1–16, fev. 2014.

MATIOLI, Clebio Santo. Irrigação suplementar de cana-de-açúcar: modelo de análise de decisão para o estado de São Paulo. 1998. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo**, Piracicaba, 1998. doi:10.11606/T.11.1998.tde-20231122-093548. Acesso em: 2025-11-07.

MOORE, P. H. (2013). Temporal and Spatial Regulation of Sucrose Accumulation in the Sugarcane Stem. **Functional Plant Biology**.

OLIVEIRA, G. F., et al. (2020). Drought Stress in Sugarcane: Impacts on Growth, Development, and Productivity. **Frontiers in Plant Science**.

OLIVEIRA, S. F.; PRADO, R. B.; MONTEIRO, J. M. G. Impactos das mudanças climáticas na produção agrícola e medidas de adaptação sob a percepção de atores e produtores rurais de Nova Friburgo, RJ. **Interações** (Campo Grande), p. 1179–1201, 22 dez. 2022.

REIS, R. G., et al. (2018). Water Management and Sugarcane: Effects on Bud Break and Early Growth. **Agricultural Water Management**.

SANTOS, H.G. *et al.* (2018) **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa. 531 p. ISBN 978-85-7035-817-2. URL: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/109400>

SILVA, J. M., et al. (2019). **Drought Effects on Sugarcane Bud Break: Insights from Field and Modeling Approaches**. *Field Crops Research*.

SILVA, L. L., et al. (2018). **Sugarcane Expansion in Brazil: Challenges for Water Resources Management**. *Journal of Hydrology*.

SILVA, M. F., et al. (2021). **Water Deficit Affects Sucrose Accumulation in Sugarcane Tillers**. *Journal of Plant Physiology*.

Silva, T. R., et al. (2020). **Impactos das mudanças climáticas sobre a produção agrícola no Brasil: uma revisão**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 35(1), 71-85.

VIANA, L. C., et al. (2018). **Thermal Requirements for Growth of Sugarcane Tillers**. *Agricultural and Forest Meteorology*.