

## MANEJO DA SALINIDADE COM FRAÇÃO DE LIXIVIAÇÃO E SEUS IMPACTOS NA NECESSIDADE HÍDRICA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Edimir Xavier Leal Ferraz<sup>1</sup>, José Kauã Silva de Assis<sup>2</sup>, Anny Larissa Maria Xavier Rodrigues dos Santos<sup>3</sup>, Kézia Ferreira Nogueira<sup>4</sup>, José Edson Florentino de Moraes<sup>5</sup>, Ênio Farias de França e Silva<sup>6</sup>

**RESUMO:** A cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância econômica para o Brasil, contudo, sensível à salinidade, exigindo manejos hídricos eficientes. Diante disso, com este estudo objetivou-se avaliar o impacto da fração de lixiviação na demanda hídrica da cana-de-açúcar sob diferentes níveis de salinidade. O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco, em Recife-PE, em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5×2, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em cinco níveis de salinidade da água de irrigação (CE: 0,5; 2,5; 4,5; 6,5 e 8,5 dS m<sup>-1</sup>) e dois manejos hídricos: sem (SFL) e com fração de lixiviação de 0,2 (CFL). Utilizou-se a variedade RB041443, com plantio usando seis rebolos de três gemas por lisímetro. A irrigação foi realizada por gotejamento com quatro emissores autocompensantes por lisímetro. Os níveis de salinidade foram obtidos com adição de NaCl e CaCl<sub>2</sub> (1:1 molar), iniciando as aplicações dos tratamentos aos 45 dias após o plantio. A evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) foi determinada por balanço hídrico nos lisímetros, e o coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>), pela razão entre ET<sub>r</sub> e evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão. Verificou-se redução da ET<sub>r</sub> com o aumento da salinidade, enquanto o manejo CFL promoveu maiores valores de ET<sub>r</sub> e K<sub>c</sub> em comparação ao SFL.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estresse salino, *Saccharum* spp., evapotranspiração real da cultura.

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE

<sup>2</sup> Graduando em Agronomia, Depto. de Agronomia, UFRPE, Recife, PE, kaua.assis@ufrpe.br

<sup>3</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia agrícola, UFRPE, Recife, PE

<sup>4</sup> Mestra em Engenharia agrícola, Depto. de Engenharia agrícola, UFRPE, Recife, PE

<sup>5</sup> Doutor e Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia agrícola, UFRPE, Recife, PE

<sup>6</sup> Prof. Doutor em Irrigação e Drenagem, Depto. de Engenharia agrícola, UFRPE, Recife, PE

## SALINITY MANAGEMENT WITH LEACHING FRACTION AND ITS IMPACTS ON THE WATER REQUIREMENT OF SUGARCANE

**ABSTRACT:** Sugarcane is a crop of great economic importance for Brazil; however, it is sensitive to salinity, requiring efficient water management strategies. Therefore, this study aimed to evaluate the impact of the leaching fraction on the crop's water requirement under different salinity levels. The experiment was conducted at the Federal Rural University of Pernambuco, in Recife, Brazil, using a completely randomized design in a 5×2 factorial scheme with four replications. Treatments consisted of five irrigation water salinity levels (EC: 0.5, 2.5, 4.5, 6.5, and 8.5 dS m<sup>-1</sup>) and two irrigation management strategies: without (SFL) and with a leaching fraction of 0.2 (CFL). The RB041443 variety was used, with six three-bud stalk segments per lysimeter. Irrigation was applied via a drip system with four pressure-compensating emitters per lysimeter. Salinity levels were obtained by adding NaCl and CaCl<sub>2</sub> in a 1:1 molar ratio, with treatments starting 45 days after planting. Actual evapotranspiration (ET<sub>r</sub>) was determined by water balance in the lysimeters, and the crop coefficient (K<sub>c</sub>) was calculated as the ratio between ET<sub>r</sub> and reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>). Data were subjected to analysis of variance and regression. An increase in salinity reduced ET<sub>r</sub>, while CFL management resulted in higher ET<sub>r</sub> and K<sub>c</sub> values compared to SFL.

**KEYWORDS:** Salt stress, *Saccharum* spp., crop actual evapotranspiration.

### INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma das principais commodities agrícolas cultivadas no Brasil, com produção estimada em 678,60 milhões de toneladas para a safra 2024/25, distribuída em aproximadamente 8,69 milhões de hectares (CONAB, 2025). Apesar de sua relevância econômica, a cultura apresenta sensibilidade moderada à salinidade, com limiar de 1,7 dS m<sup>-1</sup> (Maas & Hoffman, 1977).

No Nordeste brasileiro, o cultivo de cana-de-açúcar destaca-se principalmente na região do Litoral, considerada estratégica para a agricultura industrial. Nessa área, a qualidade da água para irrigação é frequentemente comprometida por elevados níveis de salinidade (Medeiros, Nascimento e Gheyi, 2016).

Diante desse cenário, uma estratégia eficiente para o controle da salinidade no solo é a adoção da fração de lixiviação, que consiste na aplicação de uma lâmina adicional de água

destinada a transportar os sais para camadas mais profundas, promovendo um ambiente favorável ao desenvolvimento radicular da cultura (Duarte et al., 2023). Além disso, a exigência hídrica da cana-de-açúcar varia significativamente entre as regiões produtoras, em função de fatores como cultivar utilizada, estágio fenológico, demanda atmosférica e condições de manejo (Silva et al., 2014).

Essa variabilidade reforça a necessidade de estimativas regionalizadas das demandas hídricas, especialmente em sistemas irrigados sob influência salina, nos quais estratégias como a fração de lixiviação são adotadas. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar o impacto da fração de lixiviação sobre a demanda hídrica da cana-de-açúcar em condições de salinidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Estação de Agricultura Irrigada Professor Ronaldo Freire de Moura, localizada na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife-PE, sob coordenadas geográficas 8°01'06" S e 34°56'49" W, a uma altitude de 6 metros. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima local é do tipo As (megatérmico tropical) (Alvares et al., 2023). A área experimental conta com uma estação lisimétrica composta por 40 lisímetros de drenagem, com capacidade de 1 m<sup>3</sup>, preenchidos com Espodossolo Humilúvico (Santos et al., 2018), coletado no município de Goiânia, PE, além de uma estação agrometeorológica.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5×2, com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais representadas por cada lisímetro. Foram avaliados cinco níveis de salinidade da água de irrigação (CE: 0,5; 2,5; 4,5; 6,5 e 8,5 dS m<sup>-1</sup>) e dois manejos de irrigação: sem fração de lixiviação (SFL) e com fração de lixiviação de 0,2 (CFL).

O solo dos lisímetros foi corrigido quanto ao pH e aos teores de Ca e Mg com a aplicação de 1 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 62%), conforme Cavalcanti (2008). A adubação de plantio seguiu as recomendações para a cultura irrigada da cana-de-açúcar, com aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 kg ha<sup>-1</sup> de P e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K (Wanderley et al., 2021). Adubações de cobertura foram realizadas aos 45 e 150 dias após o plantio (DAP), com 30 kg ha<sup>-1</sup> de N e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, além da aplicação foliar de micronutrientes (B, Cu, Zn, Fe, Mn e Mo) aos 60, 120 e 200 DAP, por meio do produto comercial BOSTIM COMPLEX (BIOGROW®).

No experimento, foi utilizada a variedade RB041443. O plantio foi realizado com seis rebolos por lisímetro, cada um contendo três gemas, após preparo do solo. A irrigação foi conduzida por gotejamento, com quatro emissores autocompensantes (modelo PCJ/CNL, 4 L h<sup>-1</sup>, Netafim®) por lisímetro, espaçados a 0,30 m. O sistema foi alimentado pela rede da UFRPE, que abastecia cinco reservatórios de 500 litros, nos quais foram preparadas soluções salinas nos diferentes níveis de condutividade elétrica.

As soluções foram formuladas com NaCl e CaCl<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O em proporção molar 1:1, conforme Richards (1954). A aplicação dos tratamentos iniciou-se aos 45 dias após o plantio (DAP), sendo utilizada até então água de baixa salinidade (0,5 dS m<sup>-1</sup>) para favorecer a brotação e emergência das plantas. A lâmina de irrigação foi determinada com base na evapotranspiração da cultura ( $ET_c = ET_o \times K_c \times K_l$ ), em que a  $ET_o$  foi estimada pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998), com o  $K_c$  ajustado às fases fenológicas (Doorenbos&Pruitt, 1977) e o  $K_l$ , segundo Keller & Bliesner (1990).

Foram estimados a evapotranspiração real acumulada ( $ET_r$ ) e o coeficiente de cultivo ( $K_c$ ). A  $ET_r$  foi calculada via balanço hídrico nos lisímetros, considerando entradas (precipitação e irrigação) e saídas (drenagem), conforme Bernardo et al. (2006). O  $K_c$  foi obtido pela razão entre  $ET_r$  e  $ET_o$ , estimada ao longo do ciclo pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

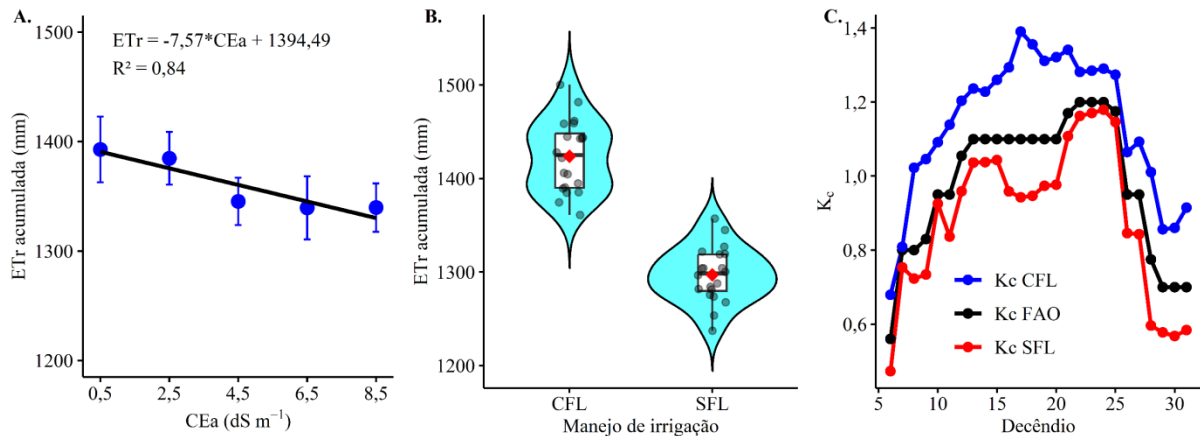
Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância por meio do teste F ( $p \leq 0,05$ ). Quando identificado efeito significativo do fator salinidade, realizou-se análise de regressão para avaliar o comportamento da  $ET_r$  em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Os coeficientes de cultivo foram analisados ao longo do ciclo do cultivo, avaliando cada manejo. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R (R Core Team, 2020).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou que apenas de forma isolada a salinidade da água de irrigação e o manejo com fração de lixiviação exerceram efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ), sobre a evapotranspiração real acumulada ( $ET_r$ ) ao longo do ciclo da cana-de-açúcar irrigada.

Na análise de regressão (Figura 1A), pode-se verificar que o aumento da salinidade da água de irrigação exerceu efeito negativo sobre a evapotranspiração real ( $ET_r$ ) acumulada da cana-de-açúcar. Observou-se uma redução média de 7,6 mm na  $ET_r$  para cada unidade de

incremento na condutividade elétrica da água de irrigação. Por outro lado, o manejo da irrigação com adoção de fração de lixiviação (CFL) resultou em maior demanda hídrica pela cultura, atingindo 1.423,79 mm, em contraste com 1.297,05 mm no manejo sem fração de lixiviação (SFL), o que representa um aumento de 9,77% (Figura 1B).



**Figura 1.** Análise de regressão da evapotranspiração real (ETr) acumulada da cana-de-açúcar em função dos níveis de salinidade da água (A); boxplot da ETr acumulada em função dos manejos de irrigação (B); Coeficientes de cultivo ao longo do ciclo utilizando os manejos SFL, CFL e recomendado (C)

A redução da ETr com o aumento da salinidade da água de irrigação pode estar associada ao menor desenvolvimento das plantas sob estresse salino, decorrente de alterações fisiológicas como a redução da abertura estomática, que limita a transpiração foliar, compromete a entrada de CO<sub>2</sub>, afetando a fotossíntese e o crescimento vegetal (Zhao et al., 2020). Segundo Doorenbos & Kassam (1979), a exigência hídrica da cultura pode variar entre 1.500 e 2.500 mm por ciclo. No presente estudo, a demanda variou em média de 1.330 a 1.390 mm em 320 dias. A comparação dos K<sub>c</sub> recomendados por Doorenbos & Pruitt (1977) (FAO) com os obtidos nos manejos CFL e SFL (Figura 1C) evidenciou que os valores de K<sub>c</sub> no manejo CFL foram superiores aos recomendados, enquanto no SFL foram inferiores. Essa variação pode estar relacionada ao desenvolvimento do dossel das plantas, uma vez que aquelas submetidas ao manejo com fração de lixiviação apresentaram maior evapotranspiração, refletindo-se, conseqüentemente, em maiores valores de K<sub>c</sub>.

Os resultados reforçam a importância de calibrar localmente os coeficientes, considerando condições específicas de clima, manejo e cultivar, para evitar sub ou superestimativas da evapotranspiração. Ademais, evidencia-se que o manejo com fração de lixiviação influencia positivamente a demanda hídrica, favorecendo o crescimento e funcionamento fisiológico da cana-de-açúcar.

## CONCLUSÕES

A salinidade da água de irrigação reduziu a demanda hídrica da cultura, enquanto a fração de lixiviação promoveu aumento da evapotranspiração real e dos coeficientes de cultivo, indicando maior vigor no desenvolvimento das plantas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao INCT em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical-INCTAGriS (CNPq/Funcap/Capes), processos 406570/2022-1 (CNPq) e Processo INCT-35960-62747.65.95/51 (Funcap)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Dranaige Paper, 56)
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ARROYO AVILEZ, A. M., HERNANDEZ, F. B. T., DE CARVALHO BISPO, R., GIOVANELLI, L. B. Necessidade hídrica da cana-de-açúcar no Noroeste Paulista. **IRRIGA**, v. 1, n. 1, p. 171–188, 2018.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 625 p.
- CAVALCANTI, F. J. A. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**. 2. ed. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco, 2008. 198p.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar - 3º levantamento – safra 2024/25**. Brasília: Conab, 2025. 56p.

DINGRE, S. K.; GORANTIWAR, S. D. Determination of the water requirement and crop coefficient values of sugarcane by field water balance method in semiarid region. **Agricultural Water Management**, v. 232, p. 106042, 2020.

DOORENBOS, J. Y.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. FAO Estudio de Riego y Drenaje, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, n. 24, 1977. 144p.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Yield response to water**. Rome: Irrigation and Drainage Paper, v. 33, 1979. 193 p.

DUARTE, S. N.; SILVA, Ê.F.D.F.; MIRANDA, J.H.D.; MEDEIROS, J.F.D.; COSTA, R.N.T.; GHEYI, H.R. **Fundamentos de drenagem agrícola**. Piracicaba: LEB/ESALQ/USP, 2023. 339p. (Série didática, n. 19).

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook., 1990. 649p.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop Salt Tolerance: Current Assessment. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v. 103, n. 2, p. 115–134, 1977.

MEDEIROS, J. F. de; NASCIMENTO, I. B. do; GHEYI, H. R. Manejo do solo-água-planta em áreas afetadas por sais. In: In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; FILHO, E. G. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. p.319–335.

R CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. 2020.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: USDA, 1954. 60 p. Handbook, 60.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. SANTOS, H. G. dos. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 355p.

SILVA, V. P. R.; BORGES, C. J. R.; ALBUQUERQUE, W. G. DE. Necessidades hídricas da cana-de-açúcar cultivada em clima tropical. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 625–632, 2014.

WANDERLEY, L. R. dos S.; de OLIVEIRA, E.C.A.; FREIRE, F.J.; SIMOES NETO, D.E.; dos SANTOS, R.L. Nutritional Requirement by Irrigated Brazilian Sugarcane Varieties. **Sugar Tech**, v. 23, n. 4, p. 762–775, 2021.

ZHAO, D.; ZHU, K.; MOMOTAZ, A.; XINXIN, G. **Sugarcane Plant Growth and Physiological Responses to Soil Salinity during Tillering and Stalk Elongation.** **Agriculture**, v. 10, n. 12, p. 608, 2020.