

## VALOR AGREGADO DA CULTURA DO MILHO SOB IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR NA PRESENÇA E AUSENCIA DE NPK

Marcos Amauri Bezerra Mendonça<sup>1</sup>, Jonnathan Richeds da Silva Sales<sup>2</sup>, Eduardo Santos Cavalcante<sup>3</sup>, Raimundo Nonato Távora Costa<sup>4</sup>, Kenya Gonçalves Nunes<sup>5</sup>, Claudivan Feitosa de Lacerda<sup>6</sup>

**RESUMO:** Objetivou-se com o trabalho avaliar o valor agregado da cultura do milho em função de época de plantio, lâmina de irrigação suplementar e adubação com NPK, sob cenários edafoclimáticos do semiárido tropical. O estudo foi desenvolvido em Jucás-CE, Brasil, com a cultura do milho, híbrido AG 1051. Foram avaliadas duas épocas de semeadura (fevereiro e março), quatro lâminas de irrigação suplementar (0%, 50%, 75% e 100% da evapotranspiração da cultura) e ausência ou presença da adubação com NPK. Para a avaliação econômica foram utilizados os custos fixos, variáveis e a depreciação de equipamentos, buscando aproximar-se ao máximo da realidade do agricultor. Com os dados de custos e da receita bruta estimada, foi realizado o cálculo do valor agregado. Os resultados mostram o incremento na geração de renda agregada com uso da irrigação suplementar e da adubação, conforme dados estimados para áreas de 1,0 a 5,0 hectares. Porém, o uso isolado da irrigação e da adubação resulta em baixo valor agregado, indicando que essas condições não geram receita líquida positiva aos produtores, considerando os custos com pagamento de financiamento e com mão de obra.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays* L. Nutrição mineral. Semiárido.

## ADDED VALUE OF MAIZE CROP UNDER SUPPLEMENTARY IRRIGATION IN THE PRESENCE AND ABSENCE OF NPK

<sup>1</sup> Doutor em Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

<sup>2</sup> Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE. E-mail: jonnathanagro@gmail.com

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

<sup>4</sup> Prof. Doutor, departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

<sup>5</sup> Profa. Doutora, Centro de Ciências Agrárias e Biológicas, UVA, Acaraú, CE

<sup>6</sup> Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

**ABSTRACT:** The aim of this study was to evaluate the added value of corn crops according to planting season, supplementary irrigation depth and NPK fertilization under edaphoclimatic scenarios in the tropical semiarid region. The study was developed in Jucás-CE, Brazil, with the corn crop, hybrid AG 1051. Two sowing seasons (February and March), four supplementary irrigation levels (0%, 50%, 75% and 100% of crop evapotranspiration) and absence or presence of NPK fertilization were evaluated. For the economic evaluation, fixed and variable costs and equipment depreciation were used, seeking to get as close as possible to the farmer's reality. Using the cost data and estimated gross revenue, the added value was calculated. The results show an increase in aggregate income generation with the use of supplementary irrigation and fertilization, according to data estimated for areas of 1.0 to 5.0 hectares. However, the isolated use of irrigation and fertilization results in low added value, indicating that these conditions do not generate positive net revenue for producers, considering the costs of financing payments and labor.

**KEYWORDS:** *Zea mays* L. Mineral nutrition. Semi-arid.

## INTRODUÇÃO

As frequentes secas no semiárido brasileiro fazem com que os rendimentos das culturas sob sequeiro sejam reduzidos (Marengo et al., 2022). De modo geral, as menores produtividades se correlacionam com a maior intensidade dos veranicos, sobretudo, nos anos mais secos ou com precipitação muito irregular (Fernandes et al., 2015; Cavalcante et al., 2021). Porém, as produtividades das culturas anuais sob sequeiro, como o milho, são baixas, mesmo em anos chuvosos. Isso se explica por duas causas principais: ausência da adubação, face ao elevado risco climático. Essa falta da sinergia entre água e nutrientes minerais impacta diretamente no rendimento das culturas (Wang et al., 2023).

A suplementação hídrica, associada às melhorias nas práticas de manejo do solo, constitui uma estratégia para incrementar a produção vegetal sustentável durante a estação das chuvas, eliminando, ao menos parcialmente, as vulnerabilidades às perdas associadas aos veranicos (Gebremedhin et al., 2023). Os cenários de mudanças climáticas demonstram a necessidade de se avançar para alternativas aos modelos de produção vigentes, sendo a irrigação suplementar uma prática reconhecidamente promissora para incrementar a produtividade agrícola, o uso eficiente da água e de fertilizantes e a rentabilidade dos agricultores (Cavalcante et al., 2021; Marteli et al., 2025).

A otimização conjunta da irrigação suplementar e da adubação configura-se como uma estratégia fundamental para a promoção de sistemas de produção agrícola sustentáveis em regiões semiáridas (Ahmad et al., 2022; Liu et al., 2022). Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os impactos da irrigação suplementar e da adubação com NPK sobre o valor agregado associado ao cultivo milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo conduzido durante as estações chuvosas (fevereiro a junho) nos anos de 2023 e 2024, na localidade Vila Canafistula, inserido sob as coordenadas (6° 25'S; 39° 26'W, 237 m), no município de Jucás, Ceará, Brasil. O clima da região é classificado como semiárido tropical, com temperatura média anual de 27 °C. O solo da área é classificado como Neossolo Flúvico.

O experimento obedeceu a um delineamento em blocos casualizados, no arranjo de parcelas subdivididas com quatro blocos. As parcelas foram formadas pelas épocas de plantio, sendo a primeira em fevereiro e a segunda em março de cada ano de cultivo. As subparcelas foram estabelecidas pela lâmina de irrigação suplementar, em valores equivalentes aos percentuais das reposições das demandas evapotranspiratórias durante os veranicos: 0% (sequeiro), 50%, 75% e 100%. As subsubparcelas foram definidas pela ausência ou presença da adubação química com NPK, conforme a recomendação técnica para a cultura.

O ensaio experimental foi instalado com a cultura do milho (híbrido AG 1051), adotando o espaçamento de 0,7 x 0,2 m. A aplicação da irrigação suplementar foi definida ao longo do desenvolvimento das culturas, durante a ocorrência de veranicos com pelo menos cinco dias sem chuvas (Fernandes et al., 2015). Para o cálculo da evapotranspiração da cultura, foram considerados os coeficientes de cultivo, obtidos na literatura, e a evapotranspiração de referência, utilizando a metodologia de Penman-Monteith (Allen et al., 1998), estimada a partir de dados de uma estação meteorológica. A irrigação foi realizada pelo método localizado, mediante o sistema do tipo gotejamento, sendo utilizadas fitas gotejadoras constituídas de um material de polietileno flexível, com emissores autocompensantes integrados, com vazão de 1,6 L h<sup>-1</sup> por emissor, uma pressão de serviço de 100 kPa e espaçamento entre emissores de 0,2 m.

As precipitações pluviométricas foram medidas com pluviômetro instalado na área experimental. A precipitação total, a data de semeadura e as lâminas de irrigação suplementar aplicadas para cada tratamento são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Precipitação total, número de eventos de irrigação e lâminas de irrigação suplementar para a cultura do milho cultivada em diferentes datas de semeaduras

Ano	Data de semeadura	Pluviosidade (mm)	Eventos de irrigação	Irrigação suplementar (mm)		
				50%	75%	100%
2023	Fevereiro	509.0	5	28.3	42.4	56.5
2023	Março	371.0	7	42.5	63.7	84.9
2024	Fevereiro	797.0	2	11.0	16.4	22.0
2024	Março	595.0	6	39.0	58.4	78.0

A colheita ocorreu entre 81 e 84 dias após a semeadura, nos dois anos, sendo obtidos os dados de biomassa de espigas verdes comerciais, todos expressos em kg ha<sup>-1</sup>. Esses dados foram utilizados para estimativa da receita bruta, utilizando os preços médios praticados no Estado do Ceará (R\$ 1,20 por kg de espigas verdes de milho). O índice de espigas comerciais foi definido pela relação entre o peso médio das espigas amostradas no tratamento e o peso de referência (250 g/espiga). Para estimativa do valor agregado foram utilizados os custos fixos, variáveis e a depreciação de equipamentos, conforme definidos por Cavalcante et al. (2021).

Com os dados de custos e da receita bruta estimada, foi realizado o cálculo do valor agregado, conforme metodologia descrita por Cavalcante et al. (2021). O valor agregado dos sistemas de produção foi obtido, para 1,0 hectare de produção, a partir da Equação:

$$VA=VBP-(CF+CV+D)$$

Em que:

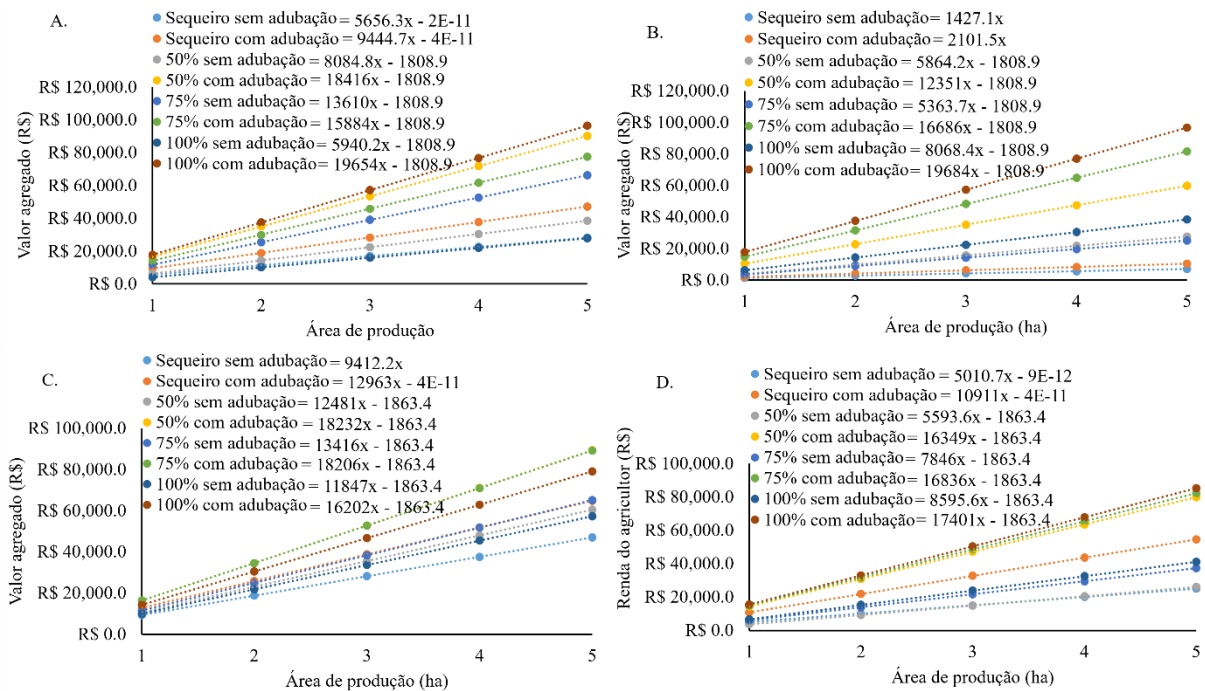
VA: Valor agregado, R\$; VPB: Valor bruto da produção, R\$; CF: custos fixos associados ao sistema de produção, R\$; CV: custos variáveis associados ao sistema de produção, exceto o da mão de obra, R\$; D: depreciação de equipamentos e instalações, R\$.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra que a resposta econômica da cultura do milho, avaliada pelo valor agregado, é influenciada pela irrigação suplementar e pela adubação, nas condições do estudo, porém a aplicação isolada desses fatores não resulta em baixa geração de renda. Observa-se que a lâmina de 100% de irrigação suplementar, sem adubação (Figura 1A), e o tratamento de sequeiro com adubação (Figura 1B), resultam em baixos valor agregado, indicando que podem não se tornarem rentáveis mesmo com a ampliação da área de cultivo. De fato, a maioria dos tratamentos sem adubação, mesmo os irrigados, apresentam os menores resultados em termos de valor agregado (R\$).

De modo geral, o tratamento com 100% de irrigação suplementar e com adubação foi o que apresentou a melhor resposta de valor agregado, alcançando as maiores taxas de incremento de rendimento econômico com o aumento da área de cultivo (Figura 1A, B e D). Nota-se, também, que há uma aproximação entre os tratamentos irrigados e o de sequeiro, na primeira época de plantio com mais precipitações, e um distanciamento entre eles na segunda época de plantio (Figura 1B e D, quando as restrições hídricas são maiores).

Os resultados econômicos também evidenciam que a segunda época de 2023 (Figura 1B) foi mais restritiva ao cultivo do milho, destacando-se o tratamento com 100% de irrigação suplementar e adubado. De acordo com Cavalcante et al. (2021) e Martelli et al. (2025), a irrigação suplementar permite o incremento de renda aos agricultores, em comparação ao cultivo de sequeiro, porém a margem de lucro é variável de ano para ano, face aos cenários de precipitações que apresentam variações interanuais.



**Figura 1.** Valor agregado para o milho nas épocas de plantio em fevereiro de 2023 (A), março de 2023 (B), fevereiro de 2024 (C) e março de 2024 (D), em função da área cultivada e dos tratamentos de lâminas de irrigação suplementar e adubação com NPK

## CONCLUSÕES

A combinação entre irrigação suplementar e adubação é essencial para garantir a geração de renda no cultivo de milho nas condições estudadas, pois a adoção isolada de um desses fatores não se mostrou suficiente para gerar retorno econômico significativo. As variações entre

os anos agrícolas reforçam a importância de estratégias integradas de manejo, considerando a variabilidade climática.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Programa Cientista-Chefe em Agricultura do Governo do Estado do Ceará (SDE/Funcap), ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical – INCT AGriS (CNPq/Funcap/Capes) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo suporte financeiro e a concessão de bolsas de estudos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO, Rome, Italy. 300p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56), 1998.

Ahmad I, Yan Z, Kamran M, Ikram K, Ghani MU, Hou F. Nitrogen management and supplemental irrigation affected greenhouse gas emissions, yield and nutritional quality of fodder maize in an arid region. **Agricultural Water Management** 269, 2022.

Cavalcante ES, Lacerda CF, Costa RNT, Gheyri HR, Pinho LL, Bezerra FMS, Oliveira AC, Canjá JF. Supplemental irrigation using brackish water on maize in tropical semi-arid regions of Brazil: yield and economic analysis. **Scientia Agrícola** 78: e20200123, 2021.

Fernandes FBP, Lacerda CF, Andrade EM, Neves ALR, Sousa CHC. Effect of soil management on water deficit, gas exchange and cowpea yield in the semi-arid region. **Revista Ciência Agronômica** 46: 506–515, 2015.

Gebremedhin T, Haile GG, Gebremicael TG, Libsekal H, Reda KW. Balancing crop water requirements through supplemental irrigation under rainfed agriculture in a semi-arid environment. **Heliyon** 9: e18727, 2023.

Liu S, Lin X, Wang W, Zhang B, Wang D. Supplemental irrigation increases grain yield, water productivity, and nitrogen utilization efficiency by improving nitrogen nutrition status in winter wheat. **Agricultural Water Management** 264: 107505., 2022.

Marengo JA, Galdos MV, Challinor A, Cunha AP, Marin FR, Vianna MDS, Alvala RCS, Alves LM, Moraes OL, Bender F. Drought in Northeast Brazil: A review of agricultural and policy adaptation options for food security. **Climate Resilience and Sustainability**, 1, e17, 2022.

Martelli A, Verdi L, Rapinesi D, Donati IIM, Fonzo A, Ruberto M, Marta AD, Altobelli F. 2025. Impact of supplemental irrigation on yield, water productivity, and economic profitability of broad bean (*Vicia faba* L., var. minor). **Italian Journal of Agronomy** 20: 100029, 2025.