

DÉFICIT HÍDRICO EM FASE INICIAL DA CULTURA DO FEIJÃO-COMUM

Sávio Gabriel Garcia Amorim¹, Artur Araújo Pelegrini², Márcio José De Santana³, Eduardo Mendes Manzan⁴, Gabryel Victor Duarte Resende⁵, Ana Clara Silva Da Costa⁶

RESUMO: O estresse hídrico ocorre quando a disponibilidade de água não supre as necessidades da planta, podendo gerar efeitos positivos ou negativos, conforme a espécie e o estágio de desenvolvimento. Este estudo teve como objetivo avaliar os impactos agronômicos e econômicos do estresse hídrico na cultura do feijão. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Campus Uberaba do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), em Uberaba – MG, em blocos casualizados (DBC), com quatro tratamentos e seis repetições, totalizando 24 parcelas. Três tratamentos consistiram em déficits hídricos de sete dias nos estádios V2 (folhas primárias), V3 (primeira folha composta aberta) e V4 (terceira folha trifoliolada aberta), e um tratamento testemunha sem déficit. As variáveis analisadas foram: massa de 100 grãos, massa da planta, massa da raiz em R6, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem e produtividade. Os resultados mostraram que o déficit hídrico, independente do estágio inicial, não interferiu significativamente no desenvolvimento e produção do feijoeiro, permitindo economia de água e redução dos custos de irrigação, sem perda na produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: estádios reprodutivos, déficit hídrico, *Phaseolus vulgaris* L.

WATER DEFICIT IN THE INITIAL PHASE OF COMMON BEAN CROP

ABSTRACT: Water stress occurs when water availability does not meet the plant's needs, potentially generating positive or negative effects depending on the species and the stage of development. This study aimed to evaluate the agronomic and economic impacts of water stress on common bean cultivation. The experiment was conducted in a greenhouse at the Uberaba

¹ Estudante de Eng. Agrônômica IFTM Campus Uberaba, bolsista IFTM, savio.amorim@iftm.edu.br

² Eng. Agrônomo, Mestre em Produção Vegetal, artur.araujo@iftm.edu.br

³ Prof. IFTM Campus Uberaba, Dr. Engenharia Agrícola, marciosantana@iftm.edu.br

⁴ Eng. Agrônomo, IFTM Campus Uberaba, gabryel.resende@iftm.edu.br

⁵ Eng. Agrônomo, IFTM Campus Uberaba, eduardo.manzn@iftm.edu.br

⁶ Estudante de Eng. Agrônômica IFTM Campus Uberaba, bolsista PET, ana.costa@iftm.edu.br

Campus of the Federal Institute of Education, Science and Technology of the Triângulo Mineiro (IFTM), in Uberaba – MG, in a randomized complete block design (RCBD), with four treatments and six replications, totaling 24 plots. Three treatments consisted of seven-day water deficits at stages V2 (primary leaves), V3 (first compound leaf open), and V4 (third trifoliate leaf open), and one control treatment without deficit. The variables analyzed were: mass of 100 grains, plant mass, root mass at R6, number of pods per plant, number of grains per plant, number of grains per pod, and yield. The results showed that water deficit, regardless of the initial stage, did not significantly affect the development and yield of the bean crop, allowing for water savings and reduced irrigation costs without loss of productivity.

KEYWORDS: reproductive stages, water deficit, *Phaseolus vulgaris* L.

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das leguminosas mais cultivadas e consumidas no mundo, desempenhando um papel fundamental na alimentação humana e na segurança alimentar (SOUZA et al., 2020). Este cultivo é amplamente adaptado a diferentes condições climáticas e de solo, o que o torna uma cultura importante em regiões com variabilidade hídrica. Embora em ambiente irrigado, é comum relatos de áreas produtoras de feijão que tiveram a oferta de água restringida pela escassez de chuvas e nesse sentido a gestão da irrigação torna-se crucial em cenários de estresse hídrico.

O estresse hídrico é um fator crítico que pode influenciar tanto no desenvolvimento quanto na produtividade da planta, e ocorre quando a disponibilidade de água é insuficiente para atender suas necessidades, resultando em efeitos negativos sobre seu desenvolvimento e rendimento (SILVA et al., 2019). Porém, embora o déficit hídrico seja frequentemente associado a efeitos prejudiciais às plantas, quando aplicado de forma controlada, ele pode promover efeitos benéficos no desenvolvimento do sistema radicular do feijoeiro. Essa estratégia, conhecida como "déficit hídrico controlado", visa estimular o aprofundamento das raízes no solo, aumentando a capacidade das plantas de acesso a água e nutrientes em camadas mais profundas (TOALDO, 2019). Contudo déficits hídricos induzidos em algumas fases fenológicas de algumas culturas poderão causar um benefício. A plasticidade radicular em resposta ao déficit hídrico pode ser considerada uma adaptação importante para garantir a sobrevivência das plantas em ambientes com disponibilidade hídrica limitada. Estudos indicam que o déficit hídrico leve a moderado pode promover o aumento do comprimento e da densidade

radicular, contribuindo para a maior eficiência no uso da água e na aquisição de nutrientes (SILVA et al., 2001).

Além disso, o uso eficiente da água é um objetivo crescente na agricultura moderna, especialmente em regiões onde a escassez hídrica é uma preocupação constante. A implementação de técnicas de manejo adequado pode permitir que os agricultores maximizem a produtividade do feijão, mesmo em condições de estresse (PEREIRA et al., 2022).

Sob esse viés, a quantidade de água disponível impacta de forma direta a viabilidade econômica. Em áreas com limitação hídrica, a prática da irrigação deficitária combinada com o uso de cultivares adaptadas pode resultar em uma relação custo-benefício favorável, elevando a produtividade em até 30%. (SILVA et al., 2021; MACHADO et al., 2023). Desse modo, segundo Machado et al. (2023), a aplicação de métodos como a irrigação deficitária controlada possibilita a melhor utilização da água, concentrando sua aplicação nos estádios fenológicos mais vulneráveis, como a floração e a frutificação. Essa abordagem resulta em redução de até 20% no consumo hídrico, com impacto mínimo na produtividade. Além disso, conforme relatado por Silva et al. (2023), a adoção de tecnologias de irrigação eficientes, como os sistemas de gotejamento e aspersão, pode diminuir o consumo de água em até 40%, ao mesmo tempo em que mantém elevados níveis de produtividade.

Outrossim, por conseguinte, este estudo tem o objetivo de avaliar os impactos agrônômicos e econômicos do déficit hídrico na cultura do feijão em fase inicial de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi instalado e conduzido em casa de vegetação no *Campus* Uberaba do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro localizado, no município de Uberaba – MG, situado a 19° 39' 19" S e 47° 57' 27" W e de 795 m acima do nível do mar com pluviosidade média anual de 1600 mm, temperatura média anual de 22,6 °C e umidade relativa média de 68%. O clima é classificado como AW tropical quente, segundo a classificação de Köppen, apresenta inverno frio e seco (VALLE JUNIOR et al., 2010). O experimento foi conduzido em blocos casualizados (DBC) com 4 tratamentos e 6 repetições totalizando 24 parcelas experimentais. Cada parcela foi composta de linhas de irrigação por gotejamento de 7 m de comprimento com 70 plantas. Em cada bloco, foram aplicados quatro tratamentos: três correspondentes a déficits hídricos de sete dias de duração, induzidos nos estádios fenológicos V2, V3 e V4, e um tratamento controle, sem déficit hídrico (testemunha).

Para a correção do solo e pré-instalação do experimento, foi retirada uma amostra de solo referente a camada de 0-20 cm e esta foi encaminhada para o Laboratório de Análise de Solo da EPAMIG em Uberaba, MG. Na qual, foram constatadas as seguintes características do solo: textura Franco Arenosa; Matéria Orgânica ($1,6 \text{ dag kg}^{-1}$); pH (6,4); Fósforo ($119,9 \text{ mg dm}^{-3}$); Potássio (150 mg dm^{-3}); Cálcio ($5,5 \text{ cmolc dm}^{-3}$); Magnésio ($0,8 \text{ cmolc dm}^{-3}$); Alumínio ($0,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$); Hidrogênio + Alumínio ($1,6 \text{ cmolc dm}^{-3}$); Capacidade de Troca de Cátions (S.B.) ($6,7 \text{ cmolc dm}^{-3}$); e Percentual de Saturação por Bases (V%) (80,7 %).

A semeadura foi realizada no dia 19/03/2024 utilizando-se a cultivar BRS Estilo, de grão tipo carioca, com porte semiereto a prostrado e ciclo normal. Nesta foram utilizados 1,6 kg de ureia e 2,7 kg de super simples. Já na adubação de cobertura foram 2,66 kg de ureia e 2 kg de cloreto de potássio. Para realizar a colheita (21/06/2024), foi previamente realizada a dessecação (13/06/2024) com dessecante dibrometo de diquat, conforme a dose recomendada na bula, para uniformizar a umidade dos grãos para a colheita.

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento, com intensidade de aplicação de $9,7 \text{ mm h}^{-1}$. Para melhorar a uniformidade da irrigação, foram instaladas duas linhas de gotejamento paralelas, com emissores dispostos de forma intercalada. Para a determinação das variáveis de temperatura e umidade do ar foi instalado um termo-higrômetro no interior da casa de vegetação para a determinação de valores diários. O manejo da irrigação foi realizado a partir dos valores diários de evapotranspiração de referência (ET_o) conforme equação 1 (modelo de Hargreaves/Samani). Tensiômetros foram instalados para averiguação e aferição da umidade do solo, de forma complementar.

$$ET_o = 0,0023(T_{med} + 17,8)(T_{max} - T_{min})^{0,5} \cdot 0,408 \cdot R_a \quad (1)$$

Em que,

ET_o= evapotranspiração da cultura de referência calculada de acordo com a metodologia de Hargreaves (mm dia^{-1}); T_{med}= temperatura média diária, em °C; T_{max}= temperatura máxima diária, em °C; T_{min}= temperatura mínima diária, em °C; R_a= radiação no topo da atmosfera ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$).

Para obter a evapotranspiração da cultura, utilizou-se a equação 2.

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \cdot K_l \cdot K_s \quad (2)$$

Em que,

ET_c= evapotranspiração da cultura (mm dia^{-1}); K_c= coeficiente da cultura; K_l = coeficiente de localização; K_s= coeficiente de umidade do solo.

O valor de K_c varia de acordo com a cultura e região. O K_c utilizado (adaptado) foi proposto segundo recomendação de Santana et al., (2008) em que: até o estádio da primeira folha trifoliada (V3) usou-se 0,6; de V3 até o início da formação de botões florais (R5), 0,85; de floração até formação de vagem (R7), 1,07; e após maturação (R9), coeficiente da cultura de 0,78. O coeficiente de localização (K_l) utilizado foi de 0,6 e foi adotado o valor de 1 para o coeficiente de umidade do solo (K_s). Para os parâmetros de eficiência de aplicação e coeficiente de uniformidade do sistema, foram considerados os valores de 0,82 e 0,95, respectivamente, (Equação 3).

As lâminas de irrigação foram determinadas por meio da Equação 3.

$$LB = ET_c \div (E_a \times CU) \quad (3)$$

Em que,

LB= lâmina bruta (mm h^{-1}); ET_c = evapotranspiração da cultura (em mm dia^{-1}); E_a = Eficiência de aplicação; CU= uniformidade de aplicação do sistema de irrigação (0,88).

As variáveis avaliadas foram: massa de 100 grãos, massa da planta, massa da raiz em R6, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem e produtividade os valores de produtividade e massa de 100 grãos foram corrigidos para a umidade de 13%.

Ao final do experimento também foi realizada uma análise econômica descritiva, onde verificou-se a economia em água e monetária (em reais) inerente aos tratamentos; para realizar a simulação foram feitas inferências com valores de mercado para o ano de 2024, sendo considerado uma área irrigada em um pivô de 80 hectares, com custo de implantação de R\$ 1.200.000,00, custo de oportunidade de R\$ 640.000,00, custo de manutenção de R\$ 100.000,00, lâmina anual de 900 milímetros e vida útil de 20 anos. Por meio desses parâmetros foi estimado e calculado um custo total de R\$ 3,50 por milímetro irrigado, considerando custos fixos e variáveis na composição do custo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O déficit aplicado neste estudo não foi capaz de prejudicar o desenvolvimento da cultura a ponto de causar prejuízos ao desenvolvimento do feijão e por fim da sua produção (Tabela 1). O déficit hídrico, geralmente considerado um estressor negativo para o crescimento das plantas, também pode apresentar efeitos positivos em certas condições. A resposta das plantas ao

estresse é complexa e envolve adaptações fisiológicas e morfológicas que podem resultar em melhorias na eficiência do uso da água e na resistência a estresses ambientais (CAMPOS et al., 2018).

Quando submetidas a condições de escassez hídrica, as plantas podem ativar mecanismos de adaptação que promovem a tolerância ao estresse. De acordo com Azevedo et al. (2019), a síntese de hormônios como o ácido abscísico (ABA) é intensificada, levando a uma redução na transpiração e preservação da umidade do solo. Essa resposta permite que as plantas mantenham suas funções vitais em condições adversas. Além disso, a escassez hídrica pode induzir o aumento da produção de compostos osmoprotetores, como os açúcares e aminoácidos, que ajudam a proteger as células do estresse osmótico (OLIVEIRA et al., 2020). Essas adaptações fisiológicas podem resultar em maior resistência a períodos de seca.

Tabela 1. Análise de variância resumida para as variáveis, número de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), número de vagens por planta (NVP), peso de raiz (PDR), peso parte área (PPA), massa de 100 grãos (MCG) e produtividade estimada (PRE). Uberaba -MG, 2024.

FV ¹	GL ²	NGV	NGP	NVP	PDR (g)	PPA (g)	MCG	PRE (kg ha)
Déficits Hídrico	3	0,2013 ^{ns}	0,2998 ^{ns}	0,3341 ^{ns}	0,4912 ^{ns}	0,1033 ^{ns}	0,4263 ^{ns}	0,2753 ^{ns}
CV ³ (%)	-	26,25	15,03	24,05	48,51	42,27	5,87	27,00
Média geral	-	5,93	129,77	22,44	1,72	34,13	29,19	7604

1 Fontes de variação; 2 grau de liberdade; 3 coeficiente de variação; ns não significativo pelo teste F.

Na Tabela 2 estão os dados resumidos do rendimento econômico. A estratégia de irrigação com déficit hídrico controlado tem ganhado destaque como uma solução eficaz para aumentar a eficiência no uso da água em sistemas de pivô central. Além de reduzir o consumo de água, essa prática contribui para a diminuição dos custos operacionais, especialmente em regiões com tarifas elevadas de energia elétrica. Estudos apontam que o manejo do déficit hídrico deve ser cuidadosamente planejado para evitar perdas significativas na produtividade.

Silva et al. (2021) observaram que a aplicação de 75% da necessidade hídrica total da cultura do milho resultou em uma economia de água de 25%, com reduções de apenas 10% na produtividade. Isso demonstra que a irrigação com déficit hídrico pode ser uma alternativa viável em condições de escassez hídrica ou custos elevados de irrigação. Segundo Costa et al. (2022), o manejo de irrigação baseado em dados confiáveis permite ajustar as aplicações de água com maior precisão, evitando tanto o excesso hídrico quanto o estresse hídrico excessivo, o que contribui para a sustentabilidade do sistema de produção.

Tabela 2. Análise econômica descritiva de área simulada de feijão irrigado sob os déficits estudados. Uberaba - MG, 2024.

TRATAMENTOS	LÂMINA BRUTA NO CICLO (mm)	DIFERENÇA NO CICLO (mm)
S1	228	0
V2	207	21
V3	204	24
V4	203	25
CONSUMO ÁGUA NO CICLO (m³ ha)	CONSUMO DE ÁGUA PIVÔ (m³)	DIFERENÇA NO CICLO PIVÔ (m³)
2280	182400	0
2070	165600	16800
2040	163200	19200
2030	162400	20000
CUSTO DA IRRIGAÇÃO (ha)	CUSTO NO CICLO POR PIVÔ (80 ha)	DIFERENÇA POR PIVÔ NO CICLO (R\$)
R\$ 798,00	R\$ 63.840,00	R\$ 0,00
R\$ 724,50	R\$ 57.960,00	R\$ 5.880,00
R\$ 714,00	R\$ 57.120,00	R\$ 6.720,00
R\$ 710,50	R\$ 56.840,00	R\$ 7.000,00

CONCLUSÕES

O déficit hídrico, independente do estágio, não interferiu significativamente no desenvolvimento e produção do feijão-comum. O déficit hídrico causado permite que ocorra economia de água e diminuição dos custos com a irrigação, sem perda na produtividade.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo apoio cedido ao trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, A. M. et al. Respostas fisiológicas de plantas ao déficit hídrico: adaptações e mecanismos. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 31, n. 2, p. 85-94, 2019.

CAMPOS, R. A. et al. Efeitos do déficit hídrico em plantas: uma revisão. **Plantas e Climas**, v. 12, n. 1, p. 55-66, 2018.

COSTA, A.; LIMA, R.; OLIVEIRA, F. Monitoramento e manejo hídrico em culturas de grãos. **Revista Brasileira de Agricultura Sustentável**, v. 15, n. 1, p. 32-45, 2022.

FERREIRA, A. G.; LIMA, V. H. Eficácia do uso da água em cultivos de feijão sob estresse. **Agricultura e Meio Ambiente**, v. 30, n. 4, p. 450-460, 2021.

MACHADO, L. A. et al. Efeitos do estresse hídrico e térmico no feijoeiro comum. **Ciência Rural**, v. 50, n. 3, p. 455-467, 2023.

PEREIRA, F. L. et al. Cultivares resistentes e a produção de feijão no Brasil. **Revista de Agricultura**, 2022.

PEREIRA, T. J.; MARTINS, A. L. Manejo hídrico em cultivos de feijão: práticas e resultados. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 17, n. 1, p. 112-120, 2022.

DE SANTANA, MARCIO JOSÉ; CARVALHO, JACINTO DE ASSUNÇÃO; ANDRADE, MESSIAS JOSÉ BASTOS DE; BRAGA, JOSÉ CARLOS; GERVÁSIO, GILSON GERSON. Coeficiente de cultura e análise do rendimento do feijoeiro sob regime de irrigação. **Irriga**, v. 13, n. 1, p. 92-112, 2008.

SILVA, M. A. et al. Desafios e avanços na cultura do feijão. **Pesquisa Agrônoma Brasileira**, 2021.

SILVA, J. R. et al. Eficiência do uso da água em plantas sob déficit hídrico. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 150-158, 2021.

SILVA, J. R.; OLIVEIRA, M.; MACHADO, L. A. Modelos climáticos no cultivo de feijão: avanços e desafios. **Revista Brasileira de Climatologia Agrícola**, v. 28, n. 3, p. 211-223, 2023.

SILVA, J. R. et al. Umidade relativa do ar e sua influência na fisiologia do feijão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 299-307, 2019.

SOUZA, R. T. et al. Impacto climático na produção de feijão. **Revista Clima & Agricultura**, 2023.

TOALDO, D. **Melhoramento do sistema radicular do feijão visando tolerância a deficiência hídrica**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2019.

VALLE JUNIOR, R. F.; PASSOS, A. O.; ABDALA, V. L.; RAMOS, T. R. Determinação das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Uberaba-MG, utilizando o sistema de informação geográfica (SIG). **Global Science and Technology**, v.3, n.1 p.19-29, 2010.