

Resposta do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) a diferentes níveis de reposição de água na fase vegetativa

Response of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) to different levels of water replacement in the vegetative phase

Respuesta del caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) a diferentes niveles de reposición de agua en la fase vegetativa

Recebido: 09/04/2022 | Revisado: 16/04/2022 | Aceito: 19/04/2022 | Publicado: 23/04/2022

Francisco Adilson dos Santos Hara

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3215-953X>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: fhara@ufam.edu.br

Rafaela Noel Serudo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0390-2478>

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil

E-mail: rafaelanoel@gmail.com

Jhony Vendruscolo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3043-0581>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: jhonyvendruscolo@gmail.com

Ariele Cristine Ferreira Inácio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7663-059X>

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil

E-mail: Arielec20@gmail.com

Rodolfo Pessoa de Melo Moura

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1951-2765>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: rpessoa@ufam.edu.br

Resumo

O feijão-caupi é uma excelente alternativa alimentar para a população da região norte do Brasil. Embora apresente resistência às pragas e doenças e fixe o N-atmosférico, práticas inadequadas de manejo podem interferir no rendimento da cultura. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da reposição de água no solo com base na umidade de capacidade de campo durante a fase vegetativa, sobre os caracteres de produção do feijão-caupi. O experimento foi instalado em casa de vegetação, e o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com seis tratamentos correspondentes aos níveis de reposição de água com base na capacidade de campo (0%, 20%, 40%, 60%, 80% e 100%). Foram avaliados os seguintes parâmetros: Número de vagens por planta, comprimento médio das vagens (cm), peso das vagens, número de sementes por vagem, peso de 100 grãos (g) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}). Foram realizadas análises de variância, regressão e o teste de Tukey. O déficit hídrico na fase vegetativa afetou de forma negativa os parâmetros peso dos grãos e peso das vagens. O número de vagens por planta, o peso de 100 grãos e o peso total das vagens aumentaram linearmente com o aumento do fornecimento de água. O maior número de grãos por vagem foi obtido quando o solo foi mantido a 60% da capacidade de campo. As demais variáveis não apresentaram variações significativas. Nas condições experimentais as plantas investiram mais em enchimento dos grãos do que no número de vagens e de grãos.

Palavras-chave: Déficit hídrico; Irrigação do caupi; Umidade de capacidade de campo; Manejo da água no solo.

Abstract

Cowpea is an excellent food alternative for the population of northern Brazil. Although it presents resistance to pests and diseases and fixes atmospheric-N, inadequate practices can interfere with yield. The objective of this work was to evaluate the effect of water replacement in the soil based on field capacity moisture during the vegetative phase on cowpea production traits. The experiment was installed in a greenhouse, and the experimental design used was a randomized block with six treatments corresponding to the water replacement levels based on the field capacity moisture (0%, 20%, 40%, 60%, 80% and 100%). The following parameters were evaluated: Number of pods per plant, average length of pods (cm), weight of pods, number of seeds per pod, weight of 100 grains (g) and grain yield (kg ha^{-1}). Analysis of variance, regression and Tukey's test were performed. The water deficit in the vegetative phase negatively affects the weight of grains and pods. Number of pods per plant, the weight of 100 grains and the total weight of pods increased

linearly with increasing water supply. The highest number of grains per harvest was obtained when the soil was maintained at 60% of field capacity. The other differences do not differ significantly. Under the experimental conditions, the plants invested more in grain filling than in the number of plants and grains.

Keywords: Water deficit; Cowpea irrigation; Field capacity moisture; Soil water management.

Resumen

El caupí es una excelente alternativa alimenticia para la población del norte de Brasil. Aunque presenta resistencia a plagas y enfermedades y fija N atmosférico, las prácticas de manejo inadecuadas pueden interferir con el rendimiento de los cultivos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la reposición de agua en función de la humedad de capacidad de campo durante la fase vegetativa sobre las características de producción de caupí. El experimento se instaló en un invernadero, y el diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con seis tratamientos correspondientes a los niveles de reposición de agua en función de la humedad de capacidad de campo (0%, 20%, 40%, 60%, 80% y 100%). Se evaluaron los siguientes parámetros: Número de vainas por planta, largo promedio de vainas (cm), peso de vainas, número de semillas por vaina, peso de 100 granos (g) y rendimiento de grano (kg ha^{-1}). Se realizaron análisis de varianza, regresión y Tukey. El déficit hídrico en la fase vegetativa afectó negativamente el parámetro peso de granos y vainas. El número de vainas por planta, el peso de 100 granos y el peso total de las vainas aumentaron linealmente con el aumento del suministro de agua. El mayor número de granos por vaina se obtuvo cuando el suelo se mantuvo al 60% de la capacidad de campo. Las demás variables no presentaron variaciones significativas. Bajo las condiciones experimentales, las plantas invirtieron más en el llenado de granos que en el número de vainas y granos.

Palabras clave: Déficit hídrico; Riego de caupí; Humedad de capacidad de campo; Manejo del agua del suelo.

1. Introdução

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. tem significativa importância socioeconômica como cultura de subsistência, especialmente nas regiões Norte e Nordeste. No Amazonas, é cultivado por pequenos produtores, tanto em terra firme quanto em várzea (Santos et al., 2017), e considerado excelente fonte de proteína. Apesar da sua importância na região norte, a cultura apresenta baixa produtividade ocasionada pelo baixo nível tecnológico utilizado para a produção. Segundo Silva et al. (2018), o feijão-caupi é cultivado principalmente por pequenos agricultores, que na maioria das vezes negligenciam os aspectos técnicos do manejo da cultura.

Embora o feijão-caupi esteja adaptado a diversas condições edafoclimáticas, com predominância em regiões tropicais (Teixeira et al., 2010), ele pode apresentar baixas produtividades quando for submetido às práticas inadequadas de manejo (Cardoso & Ribeiro, 2006), principalmente quanto ao manejo da água no solo. Segundo Andrade Júnior et al. (2002), a principal causa de diminuição da produtividade do feijão-caupi está relacionada ao fornecimento inadequado de água por irrigação e chuva, durante as fases vegetativa e reprodutiva da cultura. Neste contexto, Harris (1981) cita que a falta ou excesso de água, além de prejudicar diretamente o desenvolvimento da cultura, afeta o processo de fixação biológica do nitrogênio, por influenciar a atividade fisiológica dos microrganismos, bem como sua sobrevivência. A interferência na fixação biológica do N no feijão-caupi tem reflexo nos caracteres produtivos.

A definição dos fatores de resposta da cultura ao regime hídrico permite indicar em qual período fenológico há maior sensibilidade ao estresse hídrico (Keffer et al., 2019). A maioria das culturas possui períodos críticos quanto à deficiência hídrica, durante os quais a falta de água causa sérios decréscimos na produção final, e os prejuízos causados dependem da sua duração e severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (Folegatti et al., 1997). Segundo Freire (1990), para uma melhor eficiência do estudo da cultura do feijão-caupi, deve-se fazer avaliações das necessidades hídricas nas diferentes fases fenológicas, pois elas apresentam comportamentos diferenciados em virtudes das peculiaridades morfológicas e fisiológicas. Moosavi et al. (2020) descreve a importância de se determinar a quantidade certa de abastecimento de água necessário para as culturas durante a estação de crescimento.

A importância do conhecimento do crescimento da cultura do feijão-caupi em função da água disponível no solo, é instrumento fundamental para explicar perdas de produção em condições de déficit hídrico. A baixa produtividade desta cultura no estado, atribuída em parte à sua adaptação ecológica, mostra a necessidade do conhecimento do aproveitamento hídrico das

cultivares usadas na região, visando melhor aproveitamento da água disponível no solo em combinação com a distribuição de chuvas. A falta de conhecimento das relações das plantas com o clima tem prejudicado o planejamento inteligente do uso da terra (Mota, 1989), e a definição adequada de práticas culturais para aumentar a produtividade (Ayoade, 2002).

Sendo assim, o referido trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da reposição de água com base na capacidade de campo durante a fase vegetativa, sobre os caracteres de produção do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).

2. Metodologia

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), situada no Setor Sul do Campus. Para a realização do experimento, foi coletado solo (Latosolo Amarelo) na camada de 0 a 20 cm de profundidade de uma área de floresta do setor de produção da FCA.

O solo foi seco ao ar, e depois destorroado e passado em peneira de malha de 4 mm, em seguida, foi realizada a calagem com calcário dolomítico na dose de 2 t ha⁻¹ 30 dias antes da instalação do experimento. Após a aplicação do calcário as parcelas foram incubadas em vasos com capacidade de 5 kg por um período de 30 dias para ocorrer a reação com o calcário, e assim a neutralização da acidez e do alumínio trocável. Posteriormente, efetuou-se a adubação do solo com superfosfato simples (100 kg P₂O₅ ha⁻¹), KCl (80 kg K₂O ha⁻¹), de acordo com a recomendação para a cultura.

Foram retiradas sub-amostras de solo antes do plantio para analisar as características químicas (Tabela 1), segundo o método da Embrapa (1999). A partir de uma sub-amostra foi mensurada a capacidade de campo.

Tabela 1. Características químicas do solo antes do plantio do feijão-caupi.

pH		N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺
H ₂ O	KCl						
		--- mg kg ⁻¹ ---	----- cmol _c kg ⁻¹ -----				
4,5	3,9	1,1	9,6	0,1	0,2	0,5	2,1

Fonte: Autores.

A cultivar de feijão utilizada no experimento foi a IPEAN-V69, adquirida junto à Embrapa. As sementes foram embebidas em água destilada por 24 h antes do plantio para acelerar a germinação.

O experimento foi instalado no delineamento em blocos ao acaso com seis tratamentos correspondentes aos níveis de reposição de água (20, 40, 60, 80 e 100% da capacidade de campo), fornecidos às plantas de feijão-caupi durante a fase vegetativa (pré-floração). Para a determinação da capacidade de campo, foram utilizadas três amostras de 100 gramas de solo seco ao ar. Essas amostras foram repassadas para um funil contendo papel de filtro. Os funis foram alocados sob provetas graduadas com capacidade para 250 ml. Em seguida, com o auxílio de uma proveta foi adicionado 100 ml de água destilada lentamente em cada amostra de solo. Após o período de 2 horas, foi medida a água nas provetas e realizou-se o cálculo da capacidade de campo através da fórmula Capacidade de Campo (CC) = (água retida no solo (ml)/água do solo no funil (ml)) x 100.

Da sementeira à emergência os tratamentos foram irrigados mantendo-se a capacidade de campo, após a emergência das plantas iniciou-se a irrigação com os diferentes níveis de reposição de água até a fase vegetativa (Início do florescimento), posteriormente todos os tratamentos foram irrigados diariamente mantendo o solo na capacidade de campo. Cada parcela experimental era composta por um vaso com capacidade para 5 kg de solo. Em cada parcela semeou-se sete sementes, e catorze dias após a germinação realizou-se o desbaste deixando-se duas plantas de feijão-caupi por vaso. Para cada tratamento foram utilizadas quatro repetições, perfazendo um total de 24 parcelas experimentais. O experimento foi encerrado após a maturação das vagens seguida da senescência das plantas.

Foram avaliados os seguintes parâmetros: Número de vagens por planta: as vagens de cada parcela, após a colheita, foram contadas e o total dividido pelo número de plantas por vaso; Comprimento médio das vagens (cm); Peso das vagens (kg ha⁻¹): as vagens foram coletadas e pesadas após a secagem; Número de grãos por vagem: após a debulha das vagens de cada parcela, as sementes foram contadas e o número total foi dividido pelo número de vagem da parcela correspondente; Peso de 100 grãos (g): foram selecionados 100 grãos de cada parcela de forma aleatória; produção de grãos (g parcela⁻¹): após a senescência das plantas, as vagens foram colhidas e secas ao ar até peso constante e em seguida, as mesmas foram debulhadas e as sementes pesadas em balança digital de precisão e o peso corrigido para 13% de umidade.

Após a coleta dos dados, os mesmos foram submetidos à análise de variância para verificar o efeito da reposição da água através do teste F a 1 e 5% de probabilidade. Foi realizada a análise de regressão para ajustar modelos matemáticos, e para aqueles parâmetros em que não foi possível o ajuste foi realizado o teste de Tukey a 5% de significância. O Sisvar foi o software utilizado para as análises estatísticas.

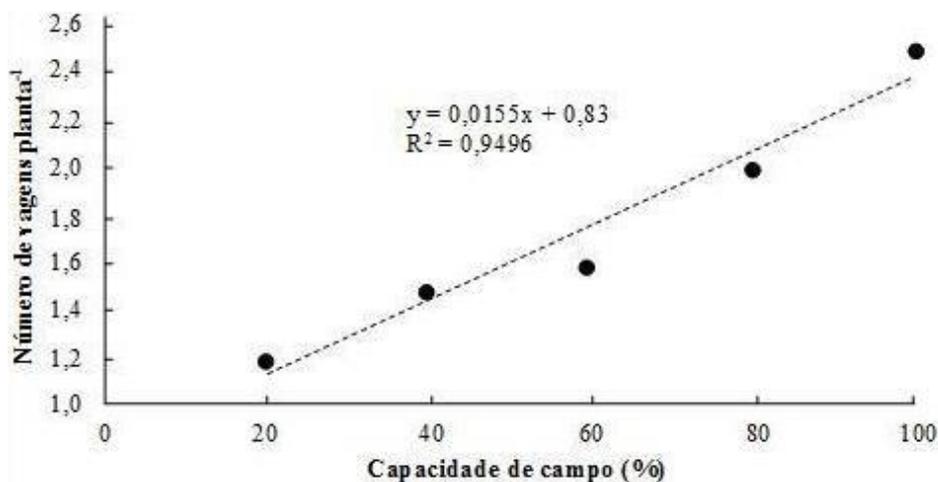
3. Resultados e Discussão

De acordo com a análise de variância, houve efeito significativo da variação do fornecimento da água durante a fase vegetativa sobre os parâmetros números de vagens planta⁻¹, número de grãos vagem⁻¹, peso de 100 grãos e peso total das vagens. Não foi possível ajustar um modelo matemático para o número de grãos vagem⁻¹, por isso este parâmetro foi analisado com base no teste de média. Para os demais parâmetros que apresentaram variação significativa na análise de variância foram ajustados modelos lineares.

Número de vagens por planta

Analisando os valores médios obtidos com os diferentes níveis de reposição de água (Figura 1) constatou-se que o número de vagens planta⁻¹ aumentou linearmente com o aumento do fornecimento de água, no entanto, em todos os níveis pode-se considerar que de maneira geral o número de vagens está muito abaixo do observado no trabalho de Nascimento, Pedrosa e Tavares Sobrinho (2004) em Neossolo Regolítico psamítico típico, que obtiveram entre 8 e 14 vagens plantas⁻¹ em níveis de água do solo que variaram entre 40 e 100% de reposição, de modo que o resultado pode estar associado ao diferente tipo de solo. Costa et al. (2017) e Tagliaferre et al. (2013) também detectaram relação linear entre o número de vagens por planta e a quantidade de água fornecida às plantas de feijão-caupi, já Guimarães et al. (2020) e Azevedo et al. (2011) não detectaram efeito significativo de diferentes níveis de irrigação sobre o número de vagens por planta.

Figura 1. Variação do número de vagens planta⁻¹ em função dos diferentes níveis de fornecimento de água no período de crescimento vegetativo do feijão-caupi.



Fonte: Autores.

O menor número de vagens em função dos menores níveis de fornecimento de água está relacionado com a redução no número de ramos (Gonçalves et al., 2017). Uma redução no número de ramos pode causar diminuição no número de gemas reprodutivas (Bezerra et al., 2008), e, conseqüentemente, diminuir o número de vagens, afetando diretamente a produtividade (Bezerra et al., 2009), como pode ser verificado a seguir nos parâmetros de peso de 100 grãos e no peso total das vagens. De acordo com Silva, Lima e Menezes (2007), o número de vagens planta⁻¹ é o componente básico que mais se relaciona com a produtividade de grãos, sendo muito influenciada pelo ambiente.

Número de grãos por vagem

Houve pouca variação no número de grãos vagem⁻¹ em função dos diferentes níveis de reposição de água (Tabela 2). Segundo Lopes et al. (2011), o número de grãos vagem⁻¹, embora seja um importante componente de produção, está mais relacionado com a característica genética e pouco influenciado pelo ambiente. Os tratamentos 20, 60 e 80% da capacidade de campo proporcionaram o maior número de grãos vagem⁻¹ (Tabela 2). Os valores médios de número de grãos vagem⁻¹ detectados neste trabalho estão próximos aos observados por Nascimento, Pedrosa e Tavares Sobrinho (2004), que variaram entre 11 e 14 grãos vagem⁻¹, e por Ferreira et al. (2010), que obtiverem valores médios de 14,3 grãos vagem⁻¹. Guimarães et al. (2020) observaram um número médio de 3,96 grãos vagem⁻¹, e com pouca influência do nível de irrigação sobre essa característica. Costa et al. (2017) observaram uma relação linear entre a quantidade de água fornecida e o número de grãos vagem⁻¹ no feijão-caupi.

Tabela 2. Efeito da reposição de água durante o período vegetativo sobre o número médio de grãos vagem⁻¹ do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp).

Parâmetro	Capacidade de campo (%)				
	20	40	60	80	100
Número de grãos vagem ⁻¹	13 ab	11b	14 a	12 ab	12 ab

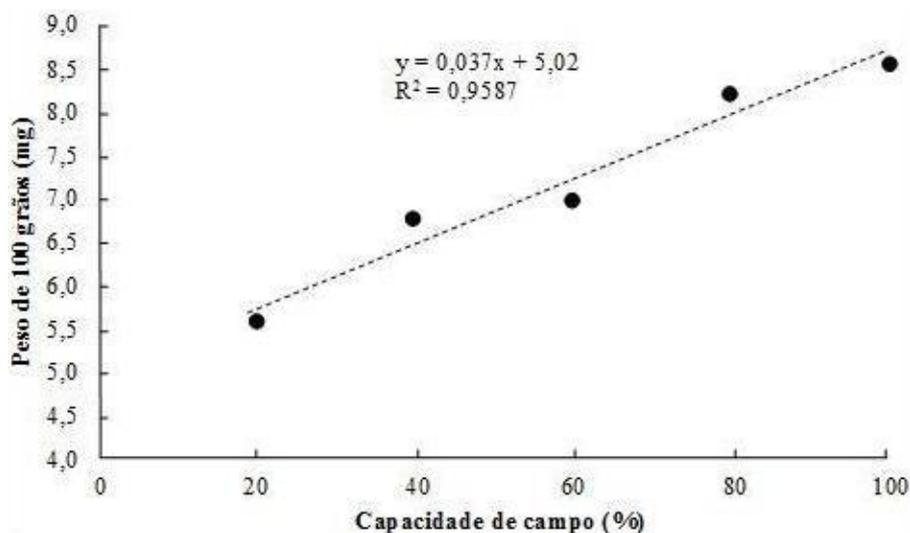
* Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Fonte: Autores.

Peso de 100 grãos

O peso de 100 grãos aumentou linearmente com o aumento da reposição de água (Figura 2), isso demonstra que essa variável é muito sensível ao déficit hídrico. Houve um aumento de 54% no peso de 100 grãos (8,6 g) quando se manteve o solo em 100% da sua capacidade de campo comparado com as parcelas que foram mantidas em apenas 20% da capacidade de campo (5,6 g). Assim, pode-se inferir que a deficiência hídrica na fase vegetativa do feijão-caupi pode interferir na produtividade de grãos. Esse resultado diverge daquele obtido por Guimarães et al. (2020) os quais observaram que os níveis de irrigação não influenciaram o peso de 100 grãos.

Ao final da fase vegetativa do feijão-caupi, a restrição hídrica diminui a abertura estomática e torna a assimilação de carbono difícil no metabolismo fotossintético (Melo et al., 2018), prejudicando a produção de biomassa aérea (Andrade et al., 2021), peso da vagem e rendimento de grãos (Dutra et al., 2015). De acordo com Melo et al. (2022), durante o estágio vegetativo da cultivar de caupi feijão-fradinho, há evidências de que as reduções na capacidade fotossintética, observada em alguns genótipos, são atribuídas principalmente ao fechamento estomático, sendo considerado uma das primeiras respostas da espécie e um eficiente mecanismo de controle da transpiração em função do baixo fornecimento de água. Carvalho et al. (2000) indicam que o rendimento de grãos sofre queda acentuada, sempre que se acentua o déficit hídrico, independente da etapa fenológica em que este ocorre. Endres et al. (2010) também constataram que o déficit hídrico causa redução no rendimento de grãos, independentemente do estágio fenológico em que este é aplicado.

Figura 2. Variação do peso de 100 grãos em função dos diferentes níveis de fornecimento de água no período de crescimento vegetativo do feijão-caupi.



Fonte: Autores.

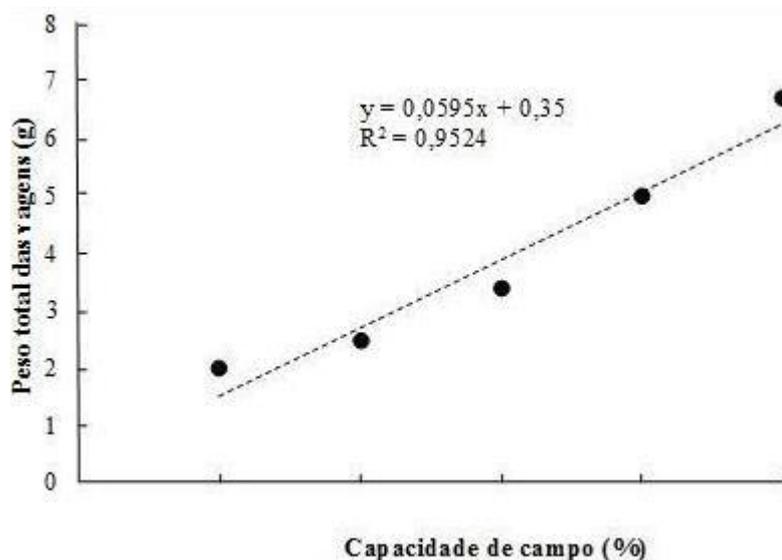
Embora o peso de 100 grãos tenha aumentado linearmente neste trabalho, é importante lembrar que, o tratamento submetido à irrigação plena em todo ciclo (sem déficit hídrico) pode não apresentar as maiores produtividades, como observado no trabalho de Mousa e Qurashi (2018). Estes autores concluíram que uma boa produtividade de grãos secos de feijão-caupi pode ser obtida sob déficit hídrico no estágio vegetativo por 20 dias e 10 minutos de irrigação dia⁻¹.

Peso total das vagens

O peso total das vagens (Figura 3), apresentou resposta semelhante ao número de vagens planta⁻¹ (Figura 1) e ao peso de 100 grãos (Figura 2), com aumento linear em função do aumento do fornecimento de água. Isso demonstra que o feijão-caupi responde muito bem à irrigação.

O aumento no peso das vagens parece estar mais relacionado com o peso dos grãos do que com o número de grãos vagem⁻¹, ou seja, este trabalho demonstrou que as plantas de feijão-caupi investiram mais no enchimento de grãos do que no aumento do número de grãos. O peso total das vagens no solo mantido na capacidade de campo triplicou (6,7 g) em relação às plantas mantidas a 20% da capacidade de campo (2,0 g) (Figura 3). A literatura tem mostrado que o peso das vagens é muito sensível à baixos níveis de água no solo. Freitas et al. (2019) citam que um período de 22 dias sem irrigação reduziu o peso seco das vagens em cerca de 66% em comparação com plantas irrigadas a cada 2 dias. Oliveira et al. (2011) observaram apenas uma diminuição de 27% nesta variável sob baixa disponibilidade de água.

Figura 3. Variação do peso total das vagens em função dos diferentes níveis de fornecimento de água no período de crescimento vegetativo do feijão-caupi.



Fonte: Autores.

4. Conclusão

O número de vagens, o peso de 100 grãos e o peso total das vagens aumentaram linearmente com o aumento da capacidade de campo. O peso das vagens foi mais influenciado pelo peso dos grãos do que pelo número de grãos. A variação dos níveis de umidade do solo durante a fase vegetativa tem influência sobre o número de vagens, peso de 100 grãos e sobre o peso total das vagens.

Referências

- Andrade Júnior, A. S., Rodrigues, B. H. N., Frizzone, J. A., Cardoso, M. J., Bastos, E. A., & Melo, F. B. (2002). Níveis de irrigação na cultura do feijão caupi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6(1), 17-20. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000100004>.
- Andrade, W. L., Melo, A. S., Melo, Y. L., Sá, F. V. S., Rocha, M. M., Oliveira, A. P. S., & Fernandes-Júnior, P. I. (2021). Bradyrhizobium inoculation plus foliar application of salicylic acid mitigates water deficit effects on cowpea. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40, 656-667. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10130-3>
- Ayoade, J. O. (2002). *Introdução à climatologia para os trópicos*. Bertrand Brasil. <https://doi.org/10.17551/2358-1778/geoamazonia>

- Azevedo, M. C., Fernandes, C. N. V., Pinheiro, J. A., Braga, E. S., & Campelo, A. R. (2011). Efeitos de lâminas de irrigação na cultura do feijão vigna de cor preta. *Agropecuária Técnica*, 32(1), 152- 159.
- Bezerra, A. A. C., Távora, F. J. A. F., Freire Filho, F. R., & Ribeiro, V. Q. (2009). Características de dossel e de rendimento em feijão-caupi ereto em diferentes densidades populacionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(10), 1239-1245. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009001000005>.
- Bezerra, A. A. C., Távora, F. J. A. F., Freire Filho, F. R., & Ribeiro, V. Q. (2008). Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão-caupi submetidas a diferentes densidades populacionais. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 8, 85-93. <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50080109>>.
- Cardoso, M. J., & Ribeiro, V. Q. (2006). Desempenho agrônomico do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamentos entre linhas e densidades de plantas sob regime de sequeiro. *Revista Ciência Agrônômica*, 37(1), 102-105. <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195317425018>>.
- Carvalho, J. A., Pereira, G. M., Andrade, M. J. B., & Roque, M. W. (2000). Efeito do déficit hídrico sobre o rendimento do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). *Ciência e Agrotecnologia*, 24(3), 710-717. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000200002>.
- Costa, M. J. N., Bastos, E. A., Cardoso, M. J., & Andrade, A. S. (2017). Agronomic performance of the cowpea under different irrigation depths and row spacing. *Revista Ciência Agrônômica*, 48(5), 774-782. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170090>.
- Dutra, A. F., Melo, A. S., Filgueiras, L. M. B., Silva, Á. R. F., Oliveira, I. M., & Brito, M. E. B. (2015). Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 10, 189-197. <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i2a3912>
- Embrapa (1999). *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*. Embrapa Solos.
- Endres, L., Souza, J. L., Teodoro, L., Marroquim, P. M. G., Santos, C. M., & Brito, J. E. D. (2010). Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14, 11-16. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000100002>.
- Ferreira, V. M., Andrade Júnior, A. S., Cardoso, M. J., Ribeiro, V. Q., & Morais, E. L. C. (2010). Performance produtiva do consórcio milho-feijão caupi e disponibilidade hídrica do solo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 5(2), 177-18. <http://doi.org/10.5039/agraria.v5i2a405>
- Folegatti, M. V., Paz, V. P. S., Pereira, A. S., & Libardi, V. C. M. (1997). Efeito de diferentes níveis de irrigação e de déficit hídrico na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: II Congresso chileno de Engenharia Agrícola. Chillán: Universidad de Concepcion.
- Freire, A. L. O. (1990). *Efeitos do déficit hídrico sobre alguns aspectos biofísicos, bioquímicos e no desenvolvimento do feijão-vagem (Phaseolus vulgaris L.)*. Lavras-MG: Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- Freitas, R. M. O., Dombroski, J. L. D., Freitas, F. C. L., Nogueira, N. W., Leite, T. S., & Praxedes, S. C. (2019). Water use of cowpea under deficit irrigation and cultivation systems in semi-arid region. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(4), 271-276. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n4p271-276>
- Gonçalves, I., Silva, R. R., Oliveira, G., Santiago, E., & Oliveira, V. (2017). Características fisiológicas e componentes de produção de feijão caupi sob diferentes lâminas de irrigação. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 2(3), 320-329. <http://dx.doi.org/10.24221/jeap.2.3.2017.1456.320-329>
- Guimarães, D. G., Oliveira, L. M., Guedes, M. L., Ferreira, G. F. P., Prado, T. R., & Amaral, C. L. F. (2020). Desempenho da cultivar de feijão-caupi brs Nova Era sob níveis de irrigação e adubação em ambiente protegido. *Cultura Agrônômica*, 29(1), 61-75. <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2020v29n1p61-75>
- Harris, R. F. (1981). Effect of water potential on microbial growth and activity. In: Parr, J. F., Gardner, W. R., & Elliott, L. (ed). *Water potential relations in soil microbiology*. Madison: Soil Science Society of America.
- Keffer, J. F., Silva, C. C., Souza, A. P., Silva, A. C., Bouvié, L., & Dias, T. K. R. (2019). Evapotranspiration and water sensitivity of Amazonian yellow ipe seedlings under different shading conditions. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23, 733-740. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n10p733-740>
- Lopes, A. S., Oliveira, G. Q., Souto Filho, S. N., Goes, R. J., & Camacho, M. A. (2011). Manejo de irrigação e nitrogênio no feijoeiro comum cultivado em sistema de plantio direto. *Revista Ciência Agrônômica*, 42, 51-56. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000100007>
- Melo, A. S., Silva, A. R. F., Dutra, A. F., Dutra, W. F., Sá, F. V. S., & Rocha, M. M. (2018). Crescimento e pigmentos cloroplásticos de genótipos de feijão Vigna sob déficit hídrico. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 12, 2579-2591. <https://doi.org/10.7127/rbai.v12n300698>
- Melo, A., Melo, Y., Lacerda, C., Almeida Viégas, P., Ferraz, R., & Gheyi, H. (2022). Water restriction in cowpea plants [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]: Metabolic changes and tolerance induction. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 26(3), 90-197. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n3p190-197>
- Moosavi, S. A., Shokuhfar, A., Lak, S., & Mojaddam, M. (2020). Integrated application of biochar and bio-fertilizer improves yield and yield components of Cowpea under water-deficient stress. *Italian Journal of Agronomy*, 15, 94-101. <http://dx.doi.org/10.4081/ija.2020.1581>
- Mousa, M. A., & Al Qurashi, D. (2018). Growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) cultivars under water deficit at different growth stages. *Legume Research*, 41(5), 702-709. <http://doi.org/10.18805/LR-384>
- Mota, F. S. (1989). *Meteorologia Agrícola*. Nobel.
- Nascimento, J. T., Pedrosa, M. B., & Tavares Sobrinho, J. (2004). Efeito da variação dos níveis de água disponível no solo sobre crescimento e produção de feijão-caupi, vagens e grãos verdes. *Horticultura Brasileira*, 22, 174-177. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000200002>
- Oliveira, G. A., Araújo, W. F., Cruz, P. L. S., Silva, W. L. M., & Ferreira, G. B. (2011). Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. *Revista Ciência Agrônômica*, 42(4), 872-882. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000400008>

Santos, L. A. C., Silva, D. M. P., Oliveira, I. A., Pereira, C. E., & Campos, M. C. C. (2017). Crescimento de cultivares de feijão caupi em solo de terra firme e várzea. *Ambiência Guarapuava*, 13(1), 261-270. <http://10.5935/ambiencia.2017.01.17n>.

Silva, A. O., Lima E. A., & Menezes, H. E. A. (2007). Rendimento de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado em diferentes densidades de plantio. *Revista Fafibe*, 3, 1-5.

Silva, M. B. O., Carvalho, A. B. J., Rocha, M. M., Batista, P. S. C., Júnior, P. V. S., & Oliveira, S. M. (2018). Desempenho agrônômico de genótipos de feijão-caupi. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(4), 1059-1066. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA17309>.

Tagliaferre, C., Santos, T. J., Santos, L. C., Neto, I. J. S., Rocha, F. A., & Paula, A. (2013). Características agrônômicas do feijão-caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio. *Revista Ceres*, 60(2), 242-248. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000200013>

Teixeira, I. R., Silva, G. C., Oliveira, J. P. R., Silva, A. G., & Pelá, A. (2010). Desempenho agrônômico e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do cerrado. *Revista Ciência Agrônômica*, 41(2), 300-307. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000200019>