



FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO CONTÍNUO E PULSADO SOBRE O ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES PRIMÁRIOS DO FEIJÃO-CAUPI

Maria Vitória Gomes da Costa¹, Carolayne Silva de Souza², Maria Catiana de Vasconcelos², Gerônimo Ferreira da Silva³, João Vitor Barbosa da Silva⁴

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito das diferentes lâminas de fertirrigação aplicadas por gotejamento contínuo e pulsado sobre os macronutrientes primários nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no feijão-caupi. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 5x2+2, sendo cinco lâminas de irrigação equivalentes a 40, 60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura (ETc), combinadas com dois tipos de aplicação de fertirrigação (pulsada e contínua), mais duas testemunhas irrigadas com lâmina de 100% da ETc de forma pulsada e contínua. Foi adotado um delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Os maiores acúmulos de nutrientes foram obtidos com lâminas de fertirrigação pulsada entre 70% e 100% da ETc. As testemunhas apresentaram maior acúmulo de nutrientes quando a aplicação da lâmina foi realizada de forma pulsada. A ordem decrescente de acúmulo total de nutrientes pela cultura do feijão-caupi, para ambos os tipos de aplicação da fertirrigação e manejos da irrigação nas plantas adubadas convencionalmente foi: N > K > P.

PALAVRAS-CHAVE: Nutrição mineral, Fertirrigação Pulsada, *Vigna unguiculata*.

ACCUMULATION OF PRIMARY MACRONUTRIENTS BY CONTINUOUS AND PULSED DRIP IRRIGATION ON COWPEA

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of different fertigation rates applied by drip irrigation system in continuous and pulsed mode on the primary macronutrients nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) by the cowpea bean. The treatments were

¹ Discente de Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco, CEP: 52171-900, Recife, PE. Fone: (81) 996001627, e-mail: vitoriaacosta27@gmail.com

² Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE

³ Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE

⁴ Discente de Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE

arranged in a 5x2+2 factorial scheme, being five irrigation rates equivalent to 40, 60, 80, 100 and 120% of crop evapotranspiration (ET_c), combined with two types of fertigation application (pulsed and continuous), plus two controls irrigated with 100% of continuous and pulsed ET_c. A randomized block design with four repetitions was adopted, totaling 48 experimental units. The greatest accumulation of nutrients was obtained with pulsed irrigation between 70% and 100% of ET_c. Witnesses presented higher nutrient accumulation when pulsed irrigation was applied. The descending order of total nutrient accumulation by the cowpea crop, for both types of fertirrigation application and irrigation management in conventionally fertilized plants was: N > K > P.

KEYWORDS: Mineral nutrition, Pulsed Fertirrigation, *Vigna unguiculata*.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi é uma das fontes de proteínas mais importantes e estratégicas para as regiões tropicais e subtropicais do mundo, podendo ser consumido in natura ou na forma de grãos secos e verdes (SOUZA et al., 2007). Considerando a importância da cultura do feijão-caupi, se faz necessário o uso de técnicas agrícolas que potencializam a quantidade de nutrientes e água disponíveis para as plantas (NOGUEIRA et al., 2019).

Deste modo, no que diz respeito à agricultura irrigada, a aplicação da fertirrigação é considerada a técnica mais eficiente de nutrição, pois combina fertilizantes via água de irrigação, resultando em uma maior eficiência de absorção de água e de nutrientes pelas culturas (PEREIRA et al., 2019). Nesse sentido, a irrigação pulsada, surge para auxiliar no desempenho dos sistemas de irrigação, no qual consiste em aplicar água de forma fracionada, com uma maior frequência, contribuindo assim com a economia do recurso hídrico (GARCÍA - PRATS & GUILLEM - PICÓ, 2016).

Na nutrição de plantas, a marcha de acúmulo contribui na prevenção de deficiências que possam ocorrer durante o ciclo da cultura, auxilia na recomendação de adubação e minimiza perdas e riscos para o meio ambiente (SILVA et al., 2017).

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito de lâminas de fertirrigação aplicadas de forma contínua e pulsada sobre o acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) pelo feijão-caupi.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do Carpina (EECAC), da Universidade Federal Rural de Pernambuco, situada na cidade de Carpina –PE, cujas coordenadas geográficas são 07° 51' 13'' de latitude Sul e 35° 14' 10'' de longitude Oeste e altitude média de 180 m.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em uma área de 13,20 m de comprimento por 4,5 m de largura, composta de 48 vasos com capacidade de 85 L cada e assentados a 0,20 m de altura da superfície do solo.

Para o preenchimento dos vasos, inicialmente foi adicionada uma camada de brita com granulometria de 25 mm, totalizando um volume de 0,48 m³ para os 48 vasos, com o objetivo de facilitar a drenagem. Logo após, foi inserida uma manta geotêxtil encobrindo toda a face superior da brita, com o intuito de reter partículas provindas da camada superior, onde está contido o solo, para a camada inferior e sistema de drenagem.

O solo utilizado para o preenchimento dos vasos é classificado, de acordo com EMBRAPA (2013), como ARGISSOLO AMARELO distrófico abrupto, o qual apresenta textura franco arenosa (730 g kg⁻¹ areia; 90 g kg⁻¹ silte e 180 g kg⁻¹ de argila), densidade de solo e de partículas, correspondentes a 1,37 e 2,52 g cm⁻³, respectivamente, e porosidade total de 45,60%.

Antes da implantação do experimento foi realizada a análise química do solo de acordo com EMBRAPA (1998), apresentando os seguintes resultados: pH = 4,5; Ca⁺²; Mg⁺²; Na⁺; K⁺; Al⁺³ = 1,60; 1,0; 0,66; 0,18 e 0,55 cmolc dm⁻³, respectivamente; P = 8,0 mg dm⁻³; MO = 2,64 g kg⁻¹; SB, CTC e CTC efetiva = 3,44; 7,77 e 3,99 cmolc dm⁻³, respectivamente.

Realizou-se, também, a análise química da água utilizada para a irrigação do experimento a qual apresentou os seguintes resultados: pH = 6,8; CE= 0,2 dS m⁻¹; K, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Amônia, Sulfato, Alcalinidade e Cloretos = 4,0; 11,22; 2,92; 32,10; 0,0; 9,32; 54,0; e 38,04 mg L⁻¹, respectivamente.

Objetivando-se corrigir a acidez do solo, o qual apresentou pH de 4,5, foi realizada uma calagem com calcário calcítico, aplicando-se 60,29 g dm⁻³ em cada vaso, de acordo com procedimentos metodológicos preconizados por Cavalcanti et al. (2008).

A recomendação de adubação convencional foi realizada aplicando-se em fundação 4,2 g dm⁻³ de N, utilizando-se como fonte a ureia, 4,7 g dm⁻³ de K tendo como fonte o cloreto de potássio e 30,5 g dm⁻³ de P, utilizando o superfosfato simples como fonte. Já a adubação de cobertura foi realizada 20 dias após a germinação sendo aplicados 6,4 g dm⁻³ de N e 7,05 g dm⁻³

³ de K. As fertirrigações de cada uma das parcelas experimentais foram realizadas conforme sugestões preconizadas por Novais et al. (1991).

Os fertilizantes utilizados nas fertirrigações foram o fosfato monoamônico - MAP (12% de N e 61% de P₂O₅), haifa multi - NPK (13% de N, 2% de P₂O₅ e 44% de K₂O), MS-multimicro (7% de B, 1% de Cu, 9,5% de S, 7% de Mn, 0,1% de Mo e 12% de Zn) e Fe-EDTA-6% Fe. As quantidades totais de fertilizantes utilizadas nas oito fertirrigações realizadas foram 16,02 g, 23,11 g, 1,56 g, 1,2 g de haifa multi-NPK, fosfato monoamônico/MAP, MS-multimicro e Fe-EDTA-6% Fe, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial 5x2+2, sendo cinco lâminas de irrigação equivalentes a 40, 60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura (ET_c), combinadas com dois tipos de aplicação de fertirrigação (pulsada e contínua), mais dois tratamentos adicionais, os quais foram adubados de forma convencional e irrigados com lâmina de 100% da ET_c de forma pulsada (Testemunha 1) e de forma contínua (Testemunha 2).

O sistema de irrigação adotado foi o de gotejamento, com emissores autocompensantes, vazão nominal de 2 L h⁻¹, disposto em cada vaso de 85 L, filtro de disco e eletrobomba centrífuga de eixo horizontal de 0,5 CV, a qual foi responsável pela coleta e impulso da solução fertilizante. As subunidades de irrigação foram constituídas por tubulações laterais nas quais foram inseridas, por meio de conectores, mangueiras cegas de PEBD PN 30 DN 16 mm, que interligava a fita de gotejo e a linha de distribuição de água.

As irrigações foram realizadas a cada dois dias, no qual a ET_c foi obtida de forma direta por meio da média do balanço hídrico de três lisímetros de drenagem com capacidade de 85 L, cultivados com a mesma cultura avaliada no experimento (feijão-caupi) e instalados no interior da casa de vegetação. A apuração do balanço hídrico foi realizada a cada 24 horas, sendo a ET_c obtida pela diferença entre a lâmina de Irrigação (Li) aplicada e a lâmina de drenagem (Ld) coletada (ET_c = Li - Ld). Para a condição de aplicação da irrigação por pulsos foram definidos cinco pulsos de irrigação com intervalo de 60 minutos de repouso entre irrigações.

A cultura analisada foi o feijão-caupi, cultivar BRS Tumucumaque, no qual foram semeadas três sementes por vaso, na profundidade de 5 cm, sendo realizado desbaste após a germinação e estabelecimento das plântulas, mantendo-se uma planta por vaso. A colheita foi realizada quando os grãos apresentaram 70% de umidade, conforme (FREIRE FILHO et al., 2005).

Por ocasião da colheita, foram coletados e separados as partes aéreas e os frutos (vagem + grãos) em cada um dos tratamentos avaliados tendo por finalidade quantificar os acúmulos

de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). A quantificação de N total foi realizada pelo método de arraste de vapor Kjeldahl; potássio pelo método de fotometria de chama e fósforo pelo método colorimétrico molibdo-vanadato (BEZERRA NETO & BARRETO, 2011). O acúmulo de nutrientes em cada uma das partes da planta (parte aérea e frutos) foi obtido multiplicando-se o teor dos nutrientes obtidos em cada uma das partes pela quantidade de massa seca acumulada nestas respectivas partes.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando constatados efeitos significativos, estes foram submetidos à análise de regressão (lâminas de irrigação) e à comparação de médias (reposição da lâmina de forma contínua e de forma pulsada) pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade. As testemunhas foram comparadas entre si pelo teste de Scott-knott a 5 % de probabilidade.

A escolha do modelo que melhor se ajustou aos dados foi baseada em quatro critérios: efeito não significativo do desvio da regressão, significância dos parâmetros da equação de ajuste ($P < 0,05$), maior valor do coeficiente de determinação (R^2) e explicação biológica de cada variável em função dos tratamentos avaliados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 1), observa-se que houve efeito significativo de forma isolada para os tipos de aplicação da fertirrigação (pulsada e contínua) e das lâminas de reposição da ETc sobre a variável fósforo (P).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para acúmulo de macronutrientes (N, P, K) na cultura do feijão-caupi BRS Tumucumaque. Carpina- PE, 2022.

FV	GL	Quadrado Médio		
		Macronutrientes		
		N	P	K
Lâminas (L)	4	186,696**	4,991**	34,000 ^{ns}
Manejo (M)	1	145,542**	19,289*	412,068**
L X M	4	85,517*	0,070 ^{ns}	46,807*
Blocos	3	2,877 ^{ns}	0,543 ^{ns}	23,392 ^{ns}
Resíduo	27	24,391	0,446	14,064
CV	%	8,06	7,77	22,48
Testemunha	1	136,951*	1,240 ^{ns}	33,208**
Blocos	3	3,667 ^{ns}	1,391 ^{ns}	5,125 ^{ns}
Resíduo	3	5,888	1,714	0,580
CV	%	4,01	15,19	5,29

^{ns} não significativo; * e **: Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. N = nitrogênio; P = fósforos; K = potássio.

Para acúmulo de nitrogênio (N) e potássio (K), constatou-se um efeito significativo da interação entre os tipos de irrigação da fertirrigação e as lâminas de reposição da ETc. Em relação às testemunhas adubadas de forma convencional e irrigadas com lâmina de 100% da ETc, observou-se efeito significativo para o fator manejo de irrigação (pulsada e contínua) sobre as variáveis nitrogênio e potássio.

Por meio da Figura 1, verificou-se que, na fertirrigação pulsada, o acúmulo máximo de N foi de 4,77g planta⁻¹ obtido na lâmina de 80,30% da ETc, apresentando incremento percentual de 79,76% sobre a lâmina de 40% da ETc. Com relação à aplicação de forma contínua, observa-se que o acúmulo máximo de N foi de 3,77 g planta⁻¹ obtido na lâmina de 86,7% da ETc, constatando-se incremento de 227,08% sobre a lâmina de 40% da ETc.

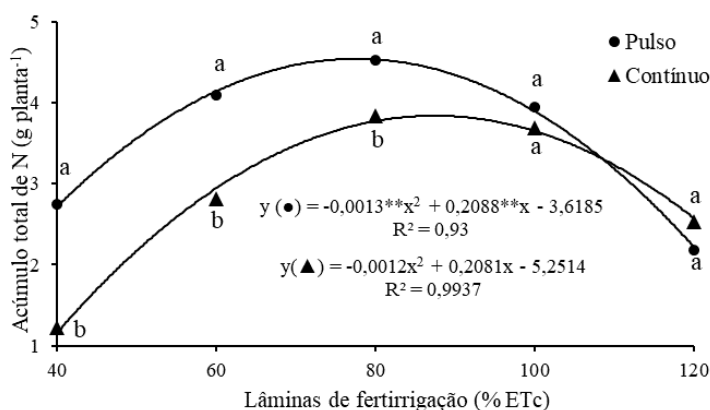


Figura 1. Acúmulo total de nitrogênio (N) na cultura do feijão-caupi sob efeito da interação dos fatores lâminas de fertirrigação e tipos de aplicação da fertirrigação. Carpina-PE, 2022. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de fertirrigação (pulsada e contínua) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

No desdobramento dos tipos de aplicação da fertirrigação em função das lâminas de reposição da ETc (Figura 1), verificou-se diferença significativa entre a fertirrigação pulsada e contínua nas lâminas de 40, 60 e 80% da ETc, constatando-se incrementos percentuais de 130,2; 45,11 e 28,22, respectivamente, do acúmulo de N pelas plantas, em relação a aplicação da fertirrigação de forma contínua.

Por intermédio da Figura 2, observou-se que o acúmulo máximo de K foi de 1,15 g planta⁻¹, obtido na lâmina de 69,4% da ETc, revelando incremento de 58,88% sobre a lâmina de 40% da ETc. Em relação à aplicação de forma contínua (Figura 2), constatou-se que o acúmulo máximo de K foi de 0,77 g planta⁻¹ obtido na lâmina de 89,5% da ETc, o que correspondeu a um incremento de 170,75% sobre a lâmina de 40% da ETc.

Para o desdobramento dos tipos de aplicação da fertirrigação dentro das lâminas de reposição da ETc (Figura 2), foi observado incrementos percentuais para irrigação pulsada de 154,15; 85,17 e 45,39 nas lâminas de 40, 60 e 80% da ETc, respectivamente.

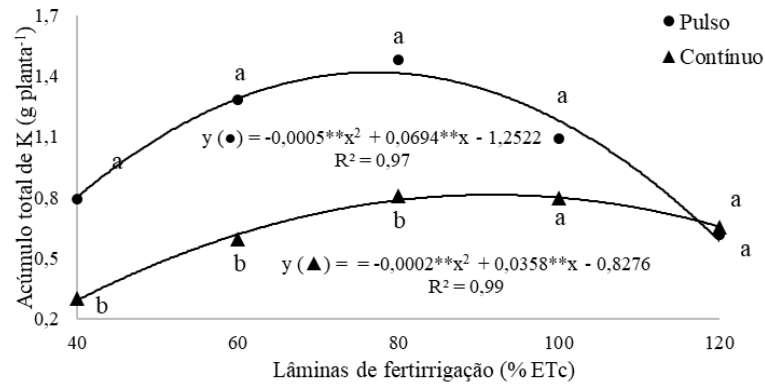


Figura 2. Acúmulo total de potássio (K) na cultura do feijão-caupi sob efeito da interação dos fatores lâminas de fertirrigação e tipos de aplicação da fertirrigação. Carpina-PE, 2022. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação da fertirrigação (pulsada e contínua) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Esses resultados obtidos para o N e K, deve-se ao fato de que o excesso hídrico no solo limita o crescimento vegetal, por proporcionar falta de oxigenação às raízes, provocando a morte dos tecidos radiculares por favorecer a fermentação láctica e acidose nas células, resultando na redução da absorção de nutrientes e água (HARO & CARREGA, 2019).

Já em relação ao comportamento do acúmulo de N e K em função da fertirrigação pulsada, Menezes et al. (2020) explicam que a fertirrigação por pulso proporciona maior índice de umidade do solo ao longo do dia, resultando em maior absorção de água e nutrientes pelas culturas.

Para o fósforo o acúmulo máximo foi de $0,457 \text{ g planta}^{-1}$ obtido na lâmina de 74,50%, promovendo incremento percentual de 107,82 em sobre a lâmina de 40% da ETc (Figura 3A). Segundo Costa et al. (2021), sob condições de estresse hídrico a planta fecha seus estômatos e reduz a captação de atmosférico e, conseqüentemente, os processos bioquímicos e fisiológicos da planta, como respiração e absorção de nutrientes, são inibidos.

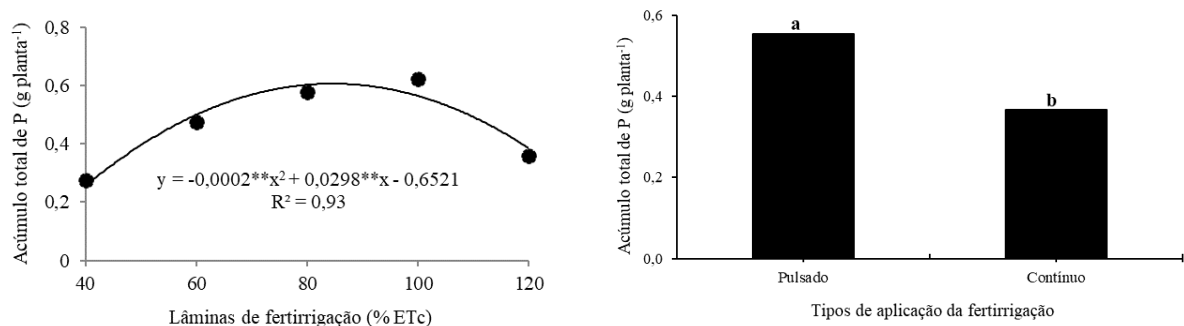


Figura 3. Acúmulo total de fósforo (P) em função das lâminas de fertirrigação aplicadas (A) e dos tipos de aplicação da fertirrigação (B). Carpina-PE, 2022. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação da fertirrigação (fertirrigação pulsada e contínua) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Ao analisar os diferentes tipos de aplicação da fertirrigação (Figura 3B), observou-se que a fertirrigação pulsada proporcionou maior acúmulo de P ($0,6 \text{ g planta}^{-1}$) representando um

incremento de 66,7% no acúmulo do nutriente em relação à aplicação da fertirrigação aplicada de forma contínua (0,36 g planta⁻¹).

Segundo Almeida et al. (2018), a irrigação por pulsos mantém o solo úmido por um período mais longo, com a aplicação de um menor volume de água, o que ocasiona, menor perda de nutrientes por lixiviação e permite um melhor desenvolvimento das plantas.

Para as testemunhas, as quais foram adubadas de forma convencional e irrigadas de forma pulsada (Testemunha 1) e de forma contínua (Testemunha 2), com a lâmina de 100% da ETc, verificou-se diferenças significativas sobre as variáveis nitrogênio (N) e potássio (K), onde os maiores valores para as variáveis analisadas foram obtidos por ocasião da aplicação da irrigação de forma pulsada, tendo constatado incrementos de 114,52% para o N; de 148,72% para o K.

CONCLUSÕES

As lâminas de fertirrigação entre 70 e 100% da ETc foram as que proporcionaram, maior acúmulo dos nutrientes (N, P, K,) enquanto as lâminas de 40% e 120% influenciaram na redução do acúmulo total desses nutrientes na parte aérea da planta.

As plantas irrigadas com a lâmina de 100% da ETc e adubadas convencionalmente apresentaram maior acúmulo de nutrientes quando a aplicação da lâmina foi realizada de forma pulsada em detrimento da aplicação de forma contínua;

A ordem decrescente de acúmulo total de nutrientes pela cultura do feijão-caupi, para ambos os tipos de aplicação da fertirrigação foi: N > K > P.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, W.; PAZ, V. S.; JESUS, A. P. C.; SILVA, J. S.; GONÇALVES, K. S.; OLIVEIRA, A. S. Yield of green beans subjected to continuous and pulse drip irrigation with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 476-481, 2018.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises químicas e bioquímicas em plantas**. Recife: UFRPE, Editora Universitária, 2011. 267p.

CAVALCANTI, F. L. A.; SANTOS, J. C. P.; PEREIRA, J. R.; LEITE, J. P.; SILVA, M. C. L.; FREIRE, F. J.; SILVA, D. J.; SOUSA, A. R.; MESSIAS, A. S.; FARIA, C. M. B.; BURGOS,

N.; LIMA JÚNIOR, M. A.; GOMES, R. V.; CAVALCANTI, A. C.; LIMA, J. F. V. F. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**. 2008. 212p.

COSTA, V. S.; SILVA, S. M.; ALVES, A. C. O.; AGUILA, L. S. H. **Estresse Hídrico por excesso em soja cultivada em solos hidromórficos**. UFPEL, 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. Ed. Brasília, 2013. 353p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. **Manual de métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo**. 21. Ed. Rio de Janeiro, 1998. 56p.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 29-92.

GARCÍA- PRATS, A.; GUILLEM- PICÓ, S. Adaptation of pressurized irrigation networks to new strategies of irrigation management: Energy implications of low discharge and pulsed irrigation. **Agricultural Water Management**, v.169, p.52-60, 2016.

HARO, R. J.; CARREGA, W. C. Efeitos do estresse hídrico na cultura do amendoim. In: SILVA, R. P.; SANTOS, A. F.; CARREGA, W. C. (Org.). **Avanços na produção de amendoim**. Jaboticabal: Funep, 2019. Cap. 3, p.55-66.

MENEZES, S. M.; SILVA, G. F.; ZAMORA, V. R. O.; SILVA, M. M.; SILVA, A. C. R. A.; SILVA, E. F. F. Nutritional status of coriander under fertigation depths and pulse and continuous drip irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, p.364-371, 2020.

NOGUEIRA, C. C. P.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. RIBEIRO, V. Q. **Viabilidade econômica do feijão-caupi verde irrigado na microrregião de Teresina, Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2019. 10p. (Circular técnica, 250).

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. (Coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. p.190-253. (EMBRAPA-SEA. Documentos, 3).

PEREIRA, V. G. M. F.; LOPES, A. S.; BELCHIOR, A. S.; JÚNIOR, E. D. F.; PACHECO, A.; BRITO, K. R. M. Irrigação e fertirrigação na cultura do eucalipto. **Ciência Florestal**. MS (Aquidauana), v.29, p.22-34, 2019.

SILVA, W. C.; MOURA, J. G.; OLIVEIRA, A. B.; FERREIRA, L. E.; SILVA, T. M. Growth and Gas Exchange in cowpea plants under different managements and saline conditions. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, p. 756-764, 2017.

SOUZA, C. L. C.; LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; ROCHA, M. M.; E. M. Variability and correlations in cowpea populations for green-grain production. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.7, p.262-269, 2007.