

## ESTRESSE HÍDRICO E PROFUNDIDADE DE INCORPORAÇÃO DO ADUBO AFETANDO OS COMPONENTES DE RENDIMENTO DO FEIJOEIRO<sup>1</sup>

Marliana Araújo de Sousa<sup>2</sup>, Maria Dolores Barbosa Lima<sup>2</sup>,  
Marcus Vinícius Vieira da Silva<sup>3</sup>, José Wéselli de Sá Andrade<sup>4</sup>

### ABSTRACT

WATER STRESS AND FERTILIZER INCORPORATION DEPTH AFFECTING BEAN YIELD COMPONENTS

The field experiment was conducted during the 2006 dry season, in Rio Verde, Goiás State, Brazil. The annual rainfall averages 1400 mm, in two well defined seasons, a dry season (May-October) and a rainy season (November-April), with annual mean temperature between 20°C and 25°C. The development of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), *Carioca comum*, *Rudá*, and *Pérola* cultivars, was evaluated, as related to the effects of irrigation suppression periods, in the different stages of plant cycle (vegetative, beginning of flowering, full flowering, developing seed pod, and full maturity), under two depths of fertilizer incorporation (5 cm and 15cm). The experiment was conducted as randomized blocks design, with 30 treatments and four replications. The variables studied were yield (kg ha<sup>-1</sup>), weight of 100 grains (g), leaf area index (m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>), plant height (cm), number of pods per plant, and number of grains per pod. The irrigation suppression, during the different bean growth stages, was significantly negative in all analyzed varieties, except for weight of 100 grains. The *Carioca comum* cultivar presented the highest yield, when irrigation was suppressed during the beginning of flowering and full maturity, with fertilizer incorporation at 15 cm. For the *Rudá* and *Pérola* cultivars, when irrigation was suppressed in the seed pod development and full maturity stages, the fertilizer incorporation depth did not interfere in the productivity.

KEY-WORDS: Water deficit; irrigation suppression; *Phaseolus vulgaris*.

### RESUMO

O experimento de campo foi conduzido durante a estação seca de 2006, em Rio Verde, Estado de Goiás. O clima da região apresenta pluviosidade média em torno de 1400 mm, em duas estações bem definidas, uma seca (maio a outubro) e outra chuvosa (novembro a abril), com temperatura média anual variando entre 20°C e 25°C. Utilizaram-se as cultivares de feijoeiro *Carioca comum*, *Rudá* e *Pérola*, objetivando-se avaliar o desempenho de cultivares de feijão, do mesmo grupo, com o estabelecimento de períodos de supressão da irrigação, em diferentes estádios do ciclo vital (vegetativo, pré-floração, plena floração, enchimento de vagens e final ou maturação), sob duas profundidades de incorporação do adubo (5 cm e 15 cm). Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental em blocos ao acaso, com trinta tratamentos e quatro repetições. Avaliou-se a produtividade (kg ha<sup>-1</sup>), massa de 100 grãos (g), número de vagens por planta e número de grãos por vagem. A supressão da irrigação, durante os diferentes estádios de desenvolvimento do feijoeiro, interferiu, significativamente, de modo negativo, em todas as variáveis analisadas, com exceção do peso de 100 grãos. A cultivar *Carioca comum* apresentou maior produtividade, nos estádios em que a irrigação foi suprimida, durante a pré-floração e maturação, sob profundidade de incorporação do adubo a 15 cm. Para as cultivares *Rudá* e *Pérola*, nos estádios em que a irrigação foi suprimida, na maturação e enchimento de grãos, a profundidade de incorporação do adubo não interferiu na produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: Déficit hídrico; supressão de irrigação; *Phaseolus vulgaris*.

### INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das mais importantes culturas do país. É comumente cultivado em todos os Estados brasileiros, por pequenos e médios produtores. Em Goiás, é semeado na época

das “águas” (setembro a novembro), da “seca” ou safrinha (janeiro a março) e de outono-inverno ou terceira época (maio a julho).

O feijoeiro é sensível, sob condição climática, na estação seca e um dos modos de se suprir as necessidades da planta é a utilização da irrigação,

1. Trabalho recebido em jan./2008 e aceito para publicação em jun./2009 (nº registro: PAT 3383).

2. Universidade de Rio Verde (Fesurv), Fazenda Fontes do Saber, Cx. Postal 104, CEP 75.901-970, Rio Verde, GO.

E-mails: [marliana@ibest.com.br](mailto:marliana@ibest.com.br), [lima@fesurv.br](mailto:lima@fesurv.br).

3. Universidade Federal de Lavras, Cx. Postal 3037, CEP 37.200-000, Lavras, MG. E-mail: [marcusvinicius.agro@hotmail.com](mailto:marcusvinicius.agro@hotmail.com).

4. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rio Verde (IFET-RV), Rod. Sul Goiana, Km 01, Cx. Postal 55, CEP 75.901-970, Rio verde, GO. E-mail: [weselli@ibest.com.br](mailto:weselli@ibest.com.br).

principalmente na época do inverno, quando o índice pluviométrico no Centro-Oeste é baixo. Independentemente da época em que é cultivado, sem o uso da irrigação a cultura fica predisposta a algum estresse hídrico, em seus diferentes estádios fenológicos de desenvolvimento, resultando em decréscimo da produção.

Em função das diferenças genotípicas entre as cultivares, acredita-se que um déficit hídrico, em determinado estágio de desenvolvimento da cultura, seja mais prejudicial, em comparação a outro, resultando em queda de produtividade, sendo este fato objeto de estudo. Oliveira (1987) avaliou o déficit hídrico na cultura do feijoeiro, em casa-de-vegetação, concluindo que o déficit hídrico, durante as fases de crescimento, floração e frutificação, causou redução de 31,2%, 10,8% e 51,8% na produção de grãos, respectivamente. Para Fageria et al. (1991), a fase da planta mais sensível à deficiência de água é a reprodutiva, sendo altamente vulnerável, desde o início da floração até o início da formação das vagens. Já para Norman et al. (1995), a produtividade é mais afetada quando o estresse hídrico ocorre de 5 a 10 dias antes da antese.

Chaves (1991) afirma que os efeitos do déficit hídrico, nas espécies vegetais, dependem da sua intensidade e da duração da capacidade genética das plantas em responder às mudanças do ambiente. Grant (1992) considera que o desenvolvimento de mecanismos de adaptação das plantas é influenciado pelo nível de CO<sub>2</sub>, radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar.

Outro aspecto importante para o desempenho satisfatório da cultura é a profundidade de incorporação do adubo, principalmente os altamente salinos, como o cloreto de potássio. Este fertilizante ocasiona redução no estande de plantas, devido à sua interferência na germinação, além de influenciar, negativamente, o desenvolvimento do sistema radicular daquelas que conseguiram germinar. O potássio participa, dentre outros, dos processos de abertura e fechamento dos estômatos, fotossíntese, respiração e transporte de carboidratos e outros produtos (Ferreira et al. 2004).

O efeito benéfico da adubação profunda no solo (15 cm) sobre as culturas é relatado por diversos autores. Chaib et al. (1984) verificaram melhor desenvolvimento radicular do feijoeiro quando se efetuou a adubação em maior profundidade, em relação à convencional. Kluthcouski et al. (1982) constataram que a incorporação do fertilizante, a 15 cm de profundidade, aumentou, em 75%, o rendimento do feijoeiro sem irrigação, em relação à adubação convencional, sob profundidade de incorporação a 5 cm. Alonço & Ferreira (1992) verificaram aumento na produtividade do milho, devido à incorporação mais profunda do fertilizante a 15 cm. Kluthcouski & Stone (2003) sugerem pesquisas, no que se refere à profundidade ou posicionamento do fertilizante, em relação às sementes, para avaliar os possíveis efeitos danosos do potássio, tanto no que diz respeito às raízes, quanto à produtividade das culturas.

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o desempenho de cultivares de feijão, submetidas a diferentes épocas de supressão da irrigação e duas profundidades de incorporação do adubo, na época da semeadura.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de junho a setembro de 2006, em área experimental, no município de Rio Verde, Estado de Goiás, situada a 748 m de altitude média, com as seguintes coordenadas geográficas: 17°47'53''S e 51°55'53''W. O clima é classificado, conforme Köppen, como Aw (tropical), com pluviosidade média anual em torno de 1400 mm, em duas estações bem definidas, uma seca (maio a outubro) e outra chuvosa (novembro a abril), e temperatura média anual variando entre 20°C e 25°C. O relevo é suave-ondulado (até 8% de declividade), em solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico de textura argilosa (Embrapa 2006), cujas análises química e textural se encontram na Tabela 1.

O plantio do feijão foi realizado no dia 7 de junho de 2006, com as cultivares Pérola, Rudá e Carioca comum. As sementes foram distribuídas,

Tabela 1. Caracterização química e textural do solo, na camada 0-20 cm.

pH	Ca	K	Mg	Al	H+Al	K	P(Mellich)	M.O.	Argila	Silte	Areia
CaCl <sub>2</sub> 0,01M	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				— mg dm <sup>-3</sup> —		g kg <sup>-1</sup>				
4,7	1,59	0,28	0,68	0,2	5	108	3,25	26	500	90	410

equidistantemente, na linha de semeadura, de forma manual, nas proporções adequadas para a obtenção da população desejada de 311.111 plantas ha<sup>-1</sup>, à profundidade de 5 cm. A adubação, no plantio, foi de 420 kg ha<sup>-1</sup> de mono-amônio fosfato (MAP) e 40 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (KCl), realizada manualmente, e uma adubação de cobertura, com 40 kg ha<sup>-1</sup> de uréia, aos 25 dias após a emergência, segundo Ribeiro et al. (1999).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições, tendo, nas parcelas, as fases em que ocorreu a supressão da irrigação (vegetativa, pré-floração, plena floração, enchimento de grãos, testemunha ou maturação) e, nas subparcelas, a combinação de profundidades de incorporação do adubo (5 cm e 15 cm), com as cultivares Carioca comum, Pérola e Rudá.

As parcelas foram compostas por quatro fileiras, de 3,5 metros de comprimento cada, sendo as subparcelas constituídas pelas duas fileiras centrais (2,0 m x 0,90 m). O espaçamento entre as linhas de semeadura foi de 0,45 m e o número médio de plantas por metro linear foi de 15, sendo que, ao 8º dia após a emergência, realizou-se a contagem das plântulas emergidas, resultando em um estande final de 14 plantas por metro. A área de cada parcela foi de 6,3 m<sup>2</sup> e a das subparcelas 1,8 m<sup>2</sup>.

Os resultados da análise estatística do experimento mostraram, pelo teste F, diferenças altamente significativas para a interação estádios de supressão da irrigação x profundidade de incorporação do adubo. As diferenças entre as médias foram avaliadas por meio do teste estatístico Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o pacote estatístico Statistical Analysis Systems (1991).

O sistema de irrigação adotado foi o de aspersão convencional. A irrigação foi realizada considerando-se a evapotranspiração e a curva característica de umidade da área. A lâmina bruta foi aplicada sempre que o somatório da evapotranspiração se aproximava de 16,0 mm. Este valor foi calculado levando-se em consideração a umidade crítica da cultura, que representa 40 KPa e que, na curva característica de umidade do solo da área, equivale a 0,20 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>, de acordo com a equação  $LB = (\theta_{CC} - \theta_{UC}) \times z / ef$ , em que Lb = Lâmina bruta (mm);  $\theta_{CC}$  = conteúdo de umidade na capacidade de campo (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>);  $\theta_{UC}$  = conteúdo na umidade

crítica (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>); z = profundidade do solo que se deseja irrigar (mm); e Ef = eficiência do sistema de irrigação (75%).

A evaporação no Tanque “Classe A”, localizado à 100 m da área, era medida diariamente. A evapotranspiração da área foi avaliada de acordo com as leituras no tanque de evaporação e levando-se em consideração tanto o coeficiente do tanque (kp), quanto o coeficiente da cultura (kc), em seus respectivos estádios de desenvolvimento propostos por Doorenbos & Kassam (1979): germinação – folhas primárias (V0/V2 = 0,3-0,4); primeira folha trifoliada – terceira folha trifoliada (V3/V4 = 0,70-0,80); pré-floração – formação de vagens (R5/R7 = 1,05-1,20); enchimento de grãos (R8 = 0,65-0,75); e maturação (R9 = 0,25-0,30).

As curvas de retenção de água no solo foram determinadas a partir de amostras do solo, coletadas na camada de 20 cm a 30 cm, as quais foram saturadas com água e submetidas a diferentes potenciais mátricos ( $\Psi_m$ ), em aparato de Richards, conforme metodologia da Embrapa (1997), resultando nos seguintes teores de água, com base em volume (%): 26; 24; 21; 20; 18,5; e 16, para as respectivas tensões de 6; 10; 33; 60; 100; e 1500 kPa.

A supressão da irrigação foi realizada nas seguintes datas: fase vegetativa (06/07/2006); pré-floração (18/07/2006); plena floração (07/08/2006); enchimento de grãos (17/08/2006); e maturação ou testemunha (05/09/2006). A maturação correspondeu à testemunha, estádio de desenvolvimento da cultura em que não houve estresse hídrico, ou seja, irrigado durante todo o ciclo.

Analisou-se a produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>), número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos (g). As plantas, dentro das subparcelas úteis, foram escolhidas, aleatoriamente, num total de quatro plantas/parcela, para obtenção dos dados.

A massa de 100 grãos foi determinada utilizando-se uma balança de 0,01 g de precisão e a produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) foi obtida em função da massa de grãos colhida na subparcela útil. A correção da produtividade foi feita para um grau de umidade de 13%, conforme metodologia citada por Bezerra (1992).

O número de vagens/planta e o número de grãos/vagem foram obtidos através de contagens, três dias antes da realização da colheita.

Os dados foram submetidos a análise de variância e, quando detectada a significância pelo teste F, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o pacote estatístico Statistical Analysis Systems (1991).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Cultivar Carioca comum*

Observou-se aumento na produtividade da cultivar Carioca comum, na medida em que se prolongou o fornecimento da irrigação, ou seja, a supressão da irrigação ou a ocorrência de déficit hídrico, em qualquer etapa fisiológica, diminuiu a produção. A maior produtividade da cultivar Carioca comum ocorreu para o adubo incorporado à profundidade de 15 cm, exceto no estádio em que a irrigação foi suprimida, em plena floração (Tabela 2).

A redução na produtividade foi mais acentuada quando a supressão da irrigação ocorreu durante a fase vegetativa, ou seja, na fase inicial. Observa-se que a redução percentual da produtividade de grãos, para a cultivar Carioca comum e para a adubação a 5 cm de profundidade, foi de 80,49%, para a supressão da irrigação durante o estádio vegetativo; 69,14%, para a pré-floração; 68,61%, para a plena floração; e 27,0%, para a supressão da irrigação durante a fase de enchimento de grãos, se comparada à maturação. A adubação a 15 cm de profundidade provocou redução de 81,85%, para a supressão da irrigação durante a fase vegetativa; 64,04%, para a pré-floração; 74,29%, para a plena floração; e 28,16%, para a supressão da irrigação durante o estádio de enchimento de grãos, em relação à maturação (Tabela 2). Resultados se-

melhantes foram encontrados por Carvalho et al. (2000), ao avaliar o efeito do déficit hídrico sobre o rendimento do feijão caupi, evidenciando-se redução, durante as fases de crescimento, de 81,48%; 67,82%, para a pré-floração; 66,92%, para a plena floração; e 28,14%, para a fase de enchimento de grãos, em relação à fase de maturação, apresentando queda nos rendimentos de grãos e de vagem por planta, em que estes foram reduzidos, significativamente, independentemente da etapa fenológica em que ocorreu o déficit hídrico.

Entretanto, Pereira et al. (1998) observaram quedas de 36,8%, 31,3% e 50,6% na produção de grãos de feijão cv. Carioca – MG, para déficit hídrico, durante as fases de crescimento, floração e frutificação.

Estudo conduzido por Freire (1990), com feijão-vagem, também encontrou maiores reduções na produtividade, quando o déficit hídrico aplicado durante o estádio de crescimento foi comparado ao déficit ocorrido na fase de frutificação.

A produtividade não foi influenciada negativamente ou positivamente, sob as profundidades de incorporação do adubo, nos estádios em que ocorreu supressão da irrigação, durante a pré e plena floração.

A supressão da irrigação, durante as fases vegetativa, pré-floração e plena-floração, reduziu, também, o número de vagens por planta do feijoeiro, possivelmente porque a ocorrência de estresse hídrico, durante estas fases do feijoeiro, afeta o desenvolvimento das estruturas vegetativas das plantas, reduzindo a capacidade de produção de fitomassa pela cultura, o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem (Weaver et al. 1984, Santos & Carlesso 1998, Stone & Moreira 2001).

Tabela 2. Produtividade, número de vagens por planta e número de grãos por vagem, da cultivar Carioca comum, nos estádios de desenvolvimento em que a irrigação foi suprimida, e profundidades de incorporação do adubo.

Estádios	Produtividade		Número vagens / planta		Número grãos/vagem	
	Profundidades de incorporação do adubo					
	cm		cm		cm	
	5	15	5	15	5	15
	kg ha <sup>-1</sup>					
Vegetativo	1036,11 dA*	1000,00 dA	6,83 cB	9,06 dA	3,00 bA	3,00 cA
Pré-floração	1638,89 cB	1981,44 cA	14,00 bA	13,50 cA	5,56 aA	4,68 bcB
Plena floração	1666,67 cA	1416,67 cdB	13,56 bA	10,81 cdB	6,12 aA	4,11 cB
Enchimento de grãos	3861,11 bA	3957,83 bA	19,62 aA	18,68 bA	6,56 aA	6,43 bA
Maturação	5310,06 aB	5509,39 aA	20,87 aB	24,06 aA	6,75 aB	7,81 aA

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

As maiores médias de produtividade de grãos, para a cultivar Carioca comum, foram observadas sob profundidade de incorporação do adubo a 15 cm, para a supressão da irrigação durante os estádios vegetativo e de maturação, e, para número de grãos por vagem, observou-se que, durante as fases vegetativa e de enchimento de grãos, a profundidade de incorporação do adubo não apresentou efeito significativo (Tabela 2).

Para a massa de 100 grãos, não houve interação significativa entre épocas de supressão da irrigação e profundidade de incorporação do adubo (Tabela 3). Em trabalho conduzido por Confalone & Dujmovich (1999), avaliando a influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja, a massa de 1000 grãos obtida nos tratamentos com deficiência hídrica foi superior à testemunha (irrigada durante todo o ciclo), o que indica que o déficit hídrico leva a planta a maior competição pelos carboidratos produzidos.

#### Cultivar Rudá

O comportamento da cultivar Rudá foi semelhante ao comportamento da Carioca comum. As médias de produtividade (Tabela 3) apresentam reduções, durante as diferentes épocas de supressão da irrigação, sendo de 82,57%, durante o estádio vegetativo; 65,67%, para a pré-floração; 72,37%, para o pleno florescimento; e 24,71%, para o estádio de enchimento de grãos, para a profundidade em que o adubo foi incorporado a 5 cm do nível do solo, em relação à maturação. Para a profundidade de 15 cm, obtiveram-se as respectivas reduções: 88%, durante o estádio vegetativo; 69,54%, durante a pré-floração;

62,64%, durante a plena floração; e 28,26%, durante o estádio de enchimento de grãos, em relação à maturação. Experimento semelhante, conduzido por Araújo & Ferreira (1997), trabalhando com déficit hídrico, durante diferentes estádios de desenvolvimento do amendoim, também obtiveram redução na produtividade.

A redução na produtividade durante os estádios de floração e enchimento de grãos é justificada devido ao estresse hídrico durante o período de floração e formação de vagens ocasionar o abortamento de flores e vagens jovens. Assim, ocorre, dessa forma, uma competição fonte-dreno, sendo, então, eliminadas flores anormais, com falha na fertilização, ou vagens mais novas, que abortam por falta de nitrogênio ou carboidratos, conforme verificado por Hostalácio & Valio (1984). Estresse hídrico durante o estádio de enchimento de grãos produz abortamento de vagens jovens e produção de vagens chochas nas pontas, tendo em vista que o enchimento ocorre da base para as pontas.

A profundidade de incorporação do adubo não interferiu, significativamente, na produtividade, nos estádios de enchimento de grãos e maturação (Tabela 3).

O número de vagens por planta foi influenciado, negativamente, pela supressão da irrigação, tendo o estádio vegetativo as menores médias para as duas profundidades de incorporação do adubo. Em relação à localização do adubo, percebem-se médias significativas nas épocas em que a irrigação foi suprimida, nas fases de pré e plena floração (Tabela 3).

O número de grãos por vagem também foi influenciado pela supressão da irrigação, nos di-

Tabela 3. Produtividade, número de vagens por planta e número de grãos por vagem, da cultivar Rudá, nos estádios de desenvolvimento em que a irrigação foi suprimida, e profundidades de incorporação do adubo.

Estádios	Produtividade		Número vagens / planta		Número grãos/vagem	
	Profundidades de incorporação do adubo					
	cm		cm		cm	
	5	15	5	15	5	15
	kg ha <sup>-1</sup>					
Vegetativo	612,94 dB*	876,00 dA	6,08 dA	6,25 cA	2,12 cB	3,75 bA
Pré-floração	1725,89 cA	1556,94 cB	15,18 bA	12,81 bB	5,12 bA	3,50 bB
Plena floração	1388,89 cB	1909,72 cA	10,75 cB	14,62 bA	4,37 bcB	5,68 aA
Enchimento de grãos	3784,72 bA	3666,67 bA	15,43 bA	14,43 bA	6,12 abA	5,68 aA
Maturação	5027,00 aA	5111,11 aA	19,06 aA	19,93 aA	6,58 aA	7,06 aA

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

ferentes estádios fenológicos de desenvolvimento (Tabela 3). Estes resultados corroboram os obtidos por Calvache et al. (1997), com a cultivar Imbabello "INIAP 404", onde foi avaliada a deficiência hídrica e nitrogenada e a eficiência do uso da água pela cultura do feijoeiro. Nesse trabalho, os autores também verificaram que os componentes de produção, sem exceção, foram menores nos tratamentos sob estresse e este decréscimo foi mais severo para o tratamento de seca mais prolongada. Concluiu-se, também, que o estresse hídrico imposto nas fases de pré-floração e plena-floração está relacionado ao aumento na síntese de ácido abscísico e etileno no pedúnculo da flor, provocando sua queda, ao menor movimento, e impedindo a formação de vagens e grãos.

Em trabalho conduzido por Costa et al. (1991), verificou-se alteração na morfologia da planta, com redução de sua altura, número de folíolos, área foliar e componentes de produção (o número de legumes/planta e o número de sementes/vaso foram os fatores mais influenciados).

Para o peso de 100 grãos, a cultivar Rudá não apresentou, em suas médias, interação significativa entre épocas de supressão da irrigação e profundidade de incorporação do adubo (Tabela 3). Loureiro et al. (1990) verificaram que o rendimento de grãos e o número de vagens/planta do feijoeiro podem ser afetados pelo regime da irrigação, mas não a massa de 100 grãos.

#### Cultivar Pérola

Assim como nas demais, a cultivar Pérola (Tabela 4) possui as seguintes reduções na produ-

tividade: 75%, no estágio vegetativo; 69,48%, na pré-floração; 65,09%, na plena floração; e 30%, no enchimento de grãos, quando submetida à profundidade de incorporação do adubo a 5 cm, em relação à maturação. Quando o adubo foi incorporado a 15 cm de profundidade, as reduções foram na ordem de 80,09%, no estágio vegetativo; 69,73%, na pré-floração; 56,45%, na plena-floração; e 30,82%, para enchimento de grãos, em relação à maturação.

As fases de floração e frutificação, para a maioria das culturas, são as que apresentam maiores consumos de água, sendo, portanto, consideradas como fases críticas. Resultados semelhantes foram encontrados por Magalhães et al. (1979), Oliveira (1987), Hostalácio & Válio (1984) e Gonzalez & Williams (1979).

Não houve diferença significativa para profundidade de incorporação do adubo e diferentes épocas de supressão para peso de 100 grãos (Tabela 5). Bezerra et al. (2003), trabalhando com feijão caupi e déficit hídrico, em suas fases fenológicas, concluíram que as diferentes épocas de déficit não influenciaram a massa de 100 grãos. Ferreira et al. (1992), analisando quatro cultivares de caupi, submetidas a cinco níveis de irrigação, não encontraram influência do estresse hídrico que modificasse, significativamente, a massa de 100 grãos, para essas cultivares.

De acordo com Pandey et al. (1984), dentre os componentes de rendimento, o número de vagens por metro quadrado foi o mais afetado pela deficiência de água. Entretanto, nesse trabalho, os autores concluíram que o número de grãos por legume e o peso de 1000 sementes não foram influenciados.

Tabela 4. Produtividade, número de vagens por planta e número de grãos por vagem, da cultivar Pérola, nos estádios de desenvolvimento em que a irrigação foi suprimida, e profundidades de incorporação do adubo.

Estádios	Produtividade		Número vagens / planta		Número grãos/vagem	
	Profundidades de incorporação do adubo					
	cm					
	5	15	5	15	5	15
	kg ha <sup>-1</sup>					
Vegetativo	1138,89 dA*	888,89 eB	9,25 cB	12,75 bA	3,25 cB	4,18bA
Pré-floração	1390,61 cdA	1351,83 dA	9,25 cB	11,75 bA	5,18 bcA	4,25 bB
Plena floração	1590,72 cB	1944,44 cA	12,00 bcB	18,25 aA	5,93 bA	6,18 aA
Enchimento de grãos	3185,17 bA	3088,89 bA	13,37 bA	13,43 bA	5,87 abA	5,93 abA
Maturação	4556,89 aA	4465,28 aA	17,87 aA	17,00 aA	7,00 aA	5,25aB

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Tabela 5. Resumo da análise de variância do estresse hídrico e profundidade de incorporação do adubo afetando os componentes de rendimento do feijoeiro, para as variáveis produtividade (Prod.), peso de 100 grãos (P100grãos), número de vagens por planta (N.V.P.) e número de grãos por vagem (N.G.V.).

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio			
		Prod.	P100grãos	N.V.P.	N.G.V.
Época (E)	4	2216363,79**	114,94**	424,25**	44,34**
Resíduo 1	12	535,91	3,11	0,92	0,26
Cultivar (C)	2	46335,69**	10,39	35,26**	1,76**
Profundidade (P)	1	2838,047**	0,007	26,91**	0,55
E x C	8	17901,90**	17,78	46,23**	1,83**
E x P	4	1770,98**	11,85	10,43**	3,00**
C x P	2	1671,46*	6,32	13,48**	1,27*
E x C x P	8	5041,24**	18,4	14,20**	2,68**
Resíduo 2	75	389,80	9,31	0,79	0,34
CV 1 (%)		5,03	7,51	6,83	9,67
CV 2 (%)		4,29	13,00	6,32	11,16

\*\*,\* significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

A supressão da irrigação, nas diferentes épocas, influenciou os componentes de rendimento número de vagens por planta e número de grãos por vagem. O número de vagens por planta também foi influenciado pela profundidade de incorporação do adubo, tendo a profundidade de 15 cm apresentado, estatisticamente, médias superiores, em comparação à profundidade de incorporação a 5 cm do adubo, nas épocas vegetativa, pré-floração e plena floração (Tabela 4).

Para número de grãos por vagem, sob profundidade de incorporação do adubo a 5 cm, os resultados foram superiores nas épocas de pré-floração e maturação (Tabela 4).

## CONCLUSÕES

1. A supressão da irrigação, durante os diferentes estádios de desenvolvimento do feijoeiro, interfere, de modo negativo, nos componentes de rendimento, exceto para massa de 100 grãos.
2. Sob profundidade de incorporação do adubo a 15 cm, a cultivar Carioca comum apresentou maior produtividade, durante os estádios em que a irrigação foi suprimida em pré-floração, enchimento de grãos e maturação.
3. Para as cultivares Rudá e Pérola, a profundidade de incorporação do adubo não interfere na produtividade, quando a supressão da irrigação ocorre durante as fases de enchimento de grãos e maturação.

## REFERÊNCIAS

- ALONÇO, A. dos S.; FERREIRA, O. O. Incorporação profunda de fertilizantes e calcário: sua influência na produção de milho (*Zea Mays* L.) sob stress hídrico e sobre algumas propriedades físicas e químicas de um solo de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. *Anais...* Londrina: SBEA, 1992. p. 1206-1225.
- ARAÚJO, W. F.; FERREIRA, L. G. R. Efeito do déficit hídrico durante diferentes estádios do amendoim. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 32, n. 5, p. 481-484, 1997.
- BEZERRA, A. M. E. *Produtividade e qualidade das sementes de feijão de corda em diferentes colheitas*. 1992. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)– Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1992.
- BEZERRA, F. M. L. et al. Feijão caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. *Revista Ciência Agrônômica*, Fortaleza, v. 34, n. 1, p. 5-10, 2003.
- CALVACHE, A. M. et al. Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência do uso de água em uma cultura do feijão. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 54, n. 3, p. 232-240, 1997.
- CARVALHO, J. de A. et al. Efeito do déficit hídrico sobre o rendimento do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 24, n. 3, p. 710-717, 2000.
- CHAIB, S. L.; BULISANI, E. A.; CASTRO S. M. Crescimento e produção do feijoeiro em resposta à profundidade da aplicação de adubo fosfatado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 19, n. 7, p. 817-822, 1984.
- CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 42, n. 234, p. 1-16, 1991.
- CONFALONE, A.; DUJMOVICH, M. N. Influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja. *Revista Agropecuária Brasileira*, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 183-187, 1999.
- COSTA, R. C. L.; LOPES, N. F.; OLIVA, M. A. Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca em *Phaseolus vulgaris* L. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 26, n. 9, p. 1453-1465, 1991.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. *Yield response to water*. Roma: FAO, 1979. (Irrigation and drainage paper, 33).

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 2006.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. Common bean and cowpea. In: \_\_\_\_\_ (Eds.). *Growth and mineral nutrition of field crops*. New York: M. Dekker, 1991. p. 280-318.
- FERREIRA, A. C. de B.; ANDRADE, M. J. B. de; ARAÚJO, G. A. de A. Feijão de alta produtividade: nutrição e adubação do feijoeiro. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 61-72, 2004.
- FERREIRA, L. G. R. *Avaliação das respostas fisiológicas e produtividade biológica de cultivares de caupi (Vigna unguiculada (L) Walp) sob diferentes regimes hídricos*. 1992. 110 f. Tese (Doutorado em Agronomia)–Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1992.
- FREIRE, A. L. D. O. *Efeitos do déficit hídrico sobre alguns aspectos biofísicos, bioquímicos e no desenvolvimento do feijão-vagem (Phaseolus vulgaris L.)*. 1990. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1990.
- GONZALES, A. R.; WILLIAMS, J. W. Effect of water stress during pod development on yield and quality of raw and canned snap beans. *HortScience*, Virginia, v. 14, n. 2, p. 125, 1979.
- GRANT, R. F. Interaction between carbon dioxide and water deficits affecting canopy photosynthesis: simulation and testing. *Crop Science*, Madison, v. 32, n. 6, p. 1322-1328, 1992.
- HOSTALACIO, S.; VALIO, I. F. M. Desenvolvimento dos frutos de feijão em diferentes regimes de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 19, n. 1, p. 53-57, 1984.
- KLUTHCOUSKI, J. et al. Profundidade de incorporação de adubos para feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. *Anais...* Goiânia: Embrapa/CNPAP, 1982. p. 142-143.
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Potássio: Principais fatores que interferem no crescimento radicular das culturas anuais, com ênfase no potássio. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 103, p. 5-11, 2003.
- LOUREIRO, B. T. et al. Efeito de diferentes lâminas de H<sub>2</sub>O sobre a produtividade do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, Viçosa, v. 37, n. 211, p. 215-226, 1990.
- MAGALHÃES, A. A.; MILLAR, A. A.; CHOUDHURY, E. N. Efeito do déficit fenológico de água sobre a produção de feijão. *Turrialba*, San José, v. 29, n. 4, p. 269-273, 1979.
- NORMAN, M. J. T.; PEARSON, C. J.; SEARLE, P. G. E. *The ecology of tropical food crops*. 2. ed. Cambridge: University Press, 1995.
- OLIVEIRA, M. S. de. *Efeito do déficit hídrico aplicado em diferentes fases do ciclo fenológico do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) cv. Eriparsa*. 1987. 60 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1987.
- PANDEY, R. K.; HERRERA, W. A. T.; PENDLETON, J. W. Drought response of grain legumes under irrigation gradient. I. Yield and yield components. *Agronomy Journal*, Madison, v. 76, n. 4, p. 549-553, 1984.
- PEREIRA, G. M. et al. Efeitos de diferentes níveis de déficit hídrico aplicados em três fases do ciclo fenológico do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. *Anais...* Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 187-189.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em minas Gerais*. 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE INC. *SAS System for linear models*. 3. ed. Cary: SAS Institute Inc., 1991.
- STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 36, n. 3, p. 473-481, 2001.
- WEAVER, M. L. et al. Effect of soil moisture tension on pod retention and seed yield of bean. *Horticultural Science*, Geneva, v. 19, n. 4, p. 567-572, 1984.