

AJUSTE DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO FEIJÃO

Adjustment of the irrigation depth in the production of dry bean crop

Karina Rosalen^{1*}, Hugo von Linsingen Piazzetta², Vanderléia Fortuna³, Patricia Mara de Almeida⁴, André Demartini Bueno⁵, Nerandi Luiz Camerini⁶

¹Engenheira Agrônoma; Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim/RS: karinarosalen@hotmail.com

²Doutor em Agronomia; Professor em Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim/RS: hugo.piazzetta@uffs.edu.br

³Graduanda em Agronomia; Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim/RS: leiafortuna@hotmail.com

⁴Graduanda em Agronomia; Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim/RS: patimara97@hotmail.com

⁵Graduando em Agronomia; Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim/RS: andredemartini@hotmail.com

⁶Doutor em Engenharia Agrícola; Professor em Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim/RS: nerandi.camerini@uffs.edu.br

*Autor para correspondência

Artigo enviado em 26/09/2017, aceito em 28/05/2018 e publicado em 17/07/2018.

Resumo – Objetivou-se avaliar os componentes de rendimento e o desempenho da cultura do feijão submetida a diferentes lâminas de irrigação, e validar a planilha lâmina para esta cultura. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, em Erechim - RS, com delineamento de blocos inteiramente casualizados com quatro repetições, seguidos os tratamentos de não utilização de irrigação; manutenção da umidade do solo equivalente em 100% da umidade da capacidade de campo; manutenção da umidade do solo equivalente a capacidade real de água no solo em 45% da capacidade total de água do solo; e ajuste da lâmina de irrigação conforme valor fornecido pela planilha “lâmina”. Em todos os tratamentos determinou-se a produtividade de grãos, a quantidade de água recebida pela cultura, o peso de 1000 grãos, a biomassa e a eficiência no uso da água. Em virtude da boa distribuição de chuvas ao longo do período, não se obteve diferenças significativas para os componentes de rendimento, exceto para comprimento de vagem, em que o tratamento manutenção da umidade do solo equivalente em 100% da umidade da capacidade de campo, apresentou maior média em relação aos demais.

Palavras-chave: agrometeorologia, agricultura irrigada, umidade de solo.

Abstract – This study aimed to evaluate the dry bean yield components and crop performance submitted to different irrigation levels, and to validate the lâmina spreadsheet for the crop. The experiment was conducted at experimental area of Federal University of Fronteira Sul, in Erechim - RS, in a completely randomized block design with four replications in four treatments, being them, without irrigation; maintenance of soil moisture equivalent in 100% of field capacity; maintenance of soil moisture equivalent to the actual soil water capacity in 45 % of total soil water capacity; adjustment of irrigation level according to values from lâmina spreadsheet. In all treatments, grain yield, amount of crop's water received, 1000 grains weight, biomass and efficiency of water use were determined. due to rainfall good distribution of over period, no significant differences ($p>0.05$) were observed for yield components, except for pod length, where treatment maintenance of soil moisture equivalent in 100 % of field capacity, showed better results than other treatments.

Keywords – Agrometeorology, irrigated agriculture, soil moisture.

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) destaca-se como um dos cultivos de maior expressividade no Brasil, sendo cultivado em sua grande maioria pela agricultura familiar e atualmente, por alguns produtores que possuem maiores extensões de áreas e níveis tecnológicos mais avançados. O cultivo é realizado em períodos de maior probabilidade de obtenção de boas produtividades, nos mais variados tipos de solos, climas e sistema de cultivo solteiro, consorciado ou intercalado (CARVALHO et al., 2014a; CARVALHO, 2013; FILHO et al., 2014.)

O feijão é caracterizado como uma planta exigente de condições meteorológicas, de acordo com Silveira e Stone (2001), a temperatura para o feijoeiro não deve ser inferior a 12°C durante o estágio vegetativo e estar em torno de 21°C no estágio reprodutivo, acrescentam também que temperaturas acima de 29°C causam prejuízos a produtividade da cultura. Com relação a radiação solar, o ideal para a cultura é intensidade de entre 150 e 250 W m⁻² com saturação em intensidade de radiação entre 600 e 650 W m⁻² (SALE, 1975). A demanda hídrica, pode ser influenciada pelo manejo do solo, de acordo com Stone e Moreira (2000) em plantio direto necessitou de 343 mm de água e apresentou produtividade semelhante ao plantio convencional com 400 mm de água. A instabilidade climática das regiões produtoras, aliada ao alto grau de sensibilidade da planta à deficiência hídrica, determinam a oscilação da produção nacional (MONTEIRO; FILHO; MONTEIRO, 2010; CARVALHO et al., 2014b; GUIMARÃES; STONE; BRUNINI, 1996).

Na safra 2015/16, o cultivo de feijão apresentou redução de produtividade e área plantada em relação a 2014/15. Na primeira safra do ano, houve decréscimo de 7,1 % da área plantada e 1,6 % na produtividade, enquanto que na segunda e terceira safra os valores da redução foram respectivamente de, 0,4 % e 16,5 % para área plantada e 25,2 % e 20,3 % para produtividade. Em contrapartida, na safra 2016/17, em decorrência dos preços do mercado e de condições meteorológicas favoráveis, houve aumento de 14,6 % na área plantada e 17,4 % na produtividade de feijão de primeira safra e estima-se aumento de 7,9 % de área plantada e 27,8 % na produtividade para segunda safra, seguido de 3,5 % e 17,7 % para terceira safra. (CONAB, 2016, 2017).

Com o intuito de regularizar a disponibilidade hídrica para a cultura, a utilização de sistemas de irrigação tem demonstrado grande potencialidade do ponto de vista produtivo (MOREIRA et al., 2012). No entanto, a otimização do uso da água ainda é um dos desafios encontrados no planejamento da irrigação. Deste modo, é de suma importância a implantação de um manejo da irrigação eficiente possibilitando o uso racional da água, levando em conta o momento exato e a quantidade de água a ser aportada na área para atender as necessidades hídricas da cultura sem desperdícios (CUNHA et al., 2013; JÚNIOR; FRIZZONE; PAZ, 2014).

Em visto disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os componentes de rendimento e a produtividade da cultura submetida a diferentes lâminas de irrigação, e validar a planilha eletrônica “Lâmina” para uso no manejo da água de irrigação da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul Campus Erechim, durante o período de maio de 2016 a março de 2017. No local, o solo é classificado como Latossolo Vermelho aluminoférrico húmico conforme classificação de Embrapa (2006), e as características químicas do solo foram determinadas através de análise do solo.

O clima do local é do tipo Subtropical úmido (Cfa) conforme classificação estabelecida por Köppen (1931), onde a temperatura no mês mais quente é superior a 22 °C e inferior a 18 °C no mês mais frio, além de chuvas bem distribuídas ao longo do ano. Na Tabela 1 são apresentados os dados climatológicos do município de Erechim.

Com o intuito de conhecer as propriedades hidráulicas do solo construiu-se a curva de retenção de água conforme metodologia da câmara de Richards descrita por Richards e Fireman (1943) e Embrapa (1997). Para tanto, foram coletadas 15 amostras de solo indeformadas em anéis cilíndricos de volume conhecido, nas profundidades de 0 - 10 cm e 10-20 cm com auxílio de trado tipo “Uhland”. Após as coletas, as amostras foram levadas ao laboratório de solos da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) para determinações. Para construção da curva, foram adotados os pontos de tensão de: 6, 10, 30, 100, 300 e 1.500 kPa.

Tabela 1: Normais climatológicas de 30 anos (1976-2005) do município de Erechim.

Meses	Temperatura média °C	Precipitação pluviométrica (mm)	Umidade Relativa (%)	Evapotranspiração potencial (mm/mês)	Radiação solar (MJ/m²/dia)
Janeiro	22,6	171,7	77,6	117,0	21,6
Fevereiro	22,1	143,2	79,3	97,7	20,8
Março	21,2	132,9	79,7	93,5	17,7
Abril	18,5	145,2	79,2	65,2	14,4
Mai	15,7	159,6	82,6	46,4	12,3
Junho	13,9	156,4	81,9	34,8	10,6
Julho	13,5	177,7	80,8	35,1	11,1
Agosto	15,0	129,5	79,4	45,0	13,4
Setembro	15,7	173,0	76,0	50,3	15,7
Outubro	18,2	210,1	76,0	61,3	19,5
Novembro	20,0	155,4	75,3	87,8	22,3
Dezembro	21,7	145,1	75,6	110,9	22,6
Anual	18,2	1869,4	78,6	844,9	16,8

Fonte: MATZENAUER, RADIN e ALMEIDA (2011).

Ao final de todas as tensões aplicadas, as amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar, na temperatura de $105 \pm 5^\circ\text{C}$ por 48 horas até obter peso constante. Desta forma, determinou-se as umidades volumétricas que correspondem a cada tensão. Após a determinação das umidades de equilíbrio, em todos os pontos de tensões aplicadas, construiu-se a curva de retenção da água no solo (Figura 1) nas diferentes profundidades, ajustando-se os valores de umidade pelo modelo matemático proposto por Van Genuchten (1980). A umidade na capacidade de campo foi obtida na tensão de 30 kPa (34,0%) e a umidade no ponto de murcha permanente na tensão de 1500 kPa (26,0%).

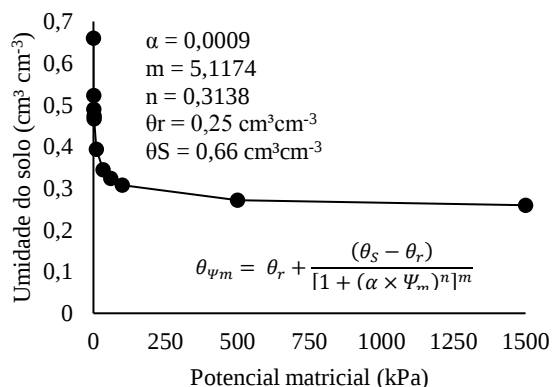


Figura 1. Curva de retenção de água no solo na área do experimento.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída de um piquete com dimensões de 3 m de largura por 3 m de comprimento, totalizando 9 m² por unidade experimental.

Para atender os objetivos deste trabalho, foram comparadas as seguintes formas de ajuste da lâmina de

irrigação: não utilização de irrigação (controle); manutenção da umidade do solo equivalente em 100% da umidade da capacidade de campo (100% CC); manutenção da umidade do solo equivalente a capacidade real de água no solo, em 45 % da capacidade total de água do solo (45% CRA); e ajuste da lâmina de irrigação conforme valor fornecido pela planilha “Lâmina” (Lâmina).

A correção da acidez do solo foi realizada utilizando calcário filler, aplicado superficialmente. A dose de corretivo utilizado foi estabelecida procurando elevar a saturação de bases a 70%. Desta forma, foi necessário aplicar 2.000 kg ha⁻¹ de CaCO₃ (PRNT 60%).

O estabelecimento da cultura foi realizado conforme recomendação contida no Zoneamento Agroclimático do Rio Grande do Sul determinada pelas Portaria 200/2014 para cultura do feijão do MAPA, sendo utilizada a cultivar BRS Campeiro. As sementes foram previamente tratadas com inseticida/fungicida (piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil) na dose de 200 ml p.c./100 Kg de sementes.

A quantidade de fertilizante utilizada foi definida a partir do resultado da análise química do solo com recomendação estabelecida no Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (SBCS, 2004).

Sendo assim, utilizou-se 700 kg ha⁻¹ do adubo 5-20-20 no momento da semeadura, a qual foi realizada no dia 04 de novembro de 2016, utilizando conjunto semeadora-adubadora de precisão com mecanismo dosador de sementes de disco alveolado, regulada para obter uma população final de 12,5 plantas por metro linear com espaçamento de 0,5 m e profundidade de semeadura de 3 cm.

Sempre que necessário, o controle de pragas e doenças foi realizado com tratamento químico, aplicando inseticida do grupo Piretróide (lambda-cialorina) e Neonicotinóide (tiametoxan), e fungicida do grupo químico Estrobilurina (azoxistrobina) e Triazol (ciproconazol). O

controle de plantas daninhas foi realizado por capina e arranquio manual.

Os tratamentos foram aplicados desde a semeadura até a colheita da cultura. A água utilizada para irrigação era proveniente de cisterna e era aplicada de forma manual conforme os tratamentos, utilizando um conjunto de mangueira e hidrômetro digital com precisão de 0,01 L, espalhando a mesma sobre a parcela procurando garantir boa distribuição.

Para o tratamento sem irrigação, a disponibilidade de água deu-se em função da ocorrência natural de chuvas do local, que foi monitorada com auxílio de estação meteorológica instalada próximo a área experimental.

Para o tratamento de manutenção de 100% da capacidade de campo e 45% da capacidade real de água no solo, a umidade do solo foi determinada com auxílio de uma sonda TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo) modelo standard 6005L acoplada ao medidor de umidade MiniTrase com *datalogger*.

Após a leitura dos dados, a umidade da capacidade de campo foi reestabelecida aplicando a quantidade de água necessária de acordo com a Equação 01, proposta por Bernardo (2005).

$$LL = \frac{(\theta_{cc} - \theta_f)}{10} \times z \quad (1)$$

Onde: LL= lâmina líquida de irrigação; θ_{cc} = umidade volumétrica do solo na capacidade de campo (%); θ_f = umidade volumétrica do solo no momento da aferição (%); z = profundidade efetiva do sistema radicular, para feijão 0,4 m.

Para o tratamento da capacidade real de água no solo (CRA), correspondente a 45% da capacidade total de água do solo, conforme o fator de depleção para a cultura, estabelecido por Allen et al. (1998), a lâmina de água aplicada foi determinada pela Equação 02 (BERNARDO, 2005).

$$LL = \frac{(\theta_{cc} - \theta_f)}{10} \times z \times f \quad (2)$$

Onde: LL = lâmina líquida de irrigação; θ_{cc} = umidade volumétrica do solo na capacidade de campo (%); θ_f = umidade volumétrica do solo no momento da aferição (%); z = profundidade efetiva do sistema radicular, para feijão 0,4 m; f = fator de depleção hídrica da cultura, para o feijão 0,45.

No tratamento Lâmina, a planilha utilizada foi desenvolvida pela equipe do projeto observando as recomendações estabelecidas pelo documento FAO 56 (ALLEN et al., 1998) na qual recomenda que a evapotranspiração de referência seja determinada conforme modelo proposto por Penman-Monteith. Esta planilha

utiliza dados do local, solo, sistema de irrigação, cultura e elementos climáticos realizando as correções do coeficiente de cultivo de acordo com as observações diárias dos elementos climáticos, obtendo-se a evapotranspiração da cultura e com isso, constrói o balanço hídrico do solo de acordo com a cultura que está instalada naquele momento utilizando o modelo proposto por Thornthwaite e Mather (1955). A partir disso, faz uma recomendação de lâmina de irrigação que atenda às necessidades da cultura.

Desta maneira, foram realizadas leituras diárias dos elementos climáticos: radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar média e mínima (%), velocidade do vento (m s^{-1}) e precipitação pluviométrica (mm dia^{-1}). Estes valores foram obtidos em estação meteorológica automática, e juntamente com parâmetros relacionados ao local (Latitude, Longitude e Altitude), a característica do solo (umidade na capacidade de campo e umidade no ponto de murcha permanente) e a cultura (espécie e fase de desenvolvimento), foram inseridos na planilha para ajustar a lâmina de irrigação a ser aplicada.

Para realização da colheita foram desprezadas as bordaduras correspondentes a 0,5 m de cada lado da parcela, restando 4 m² de área. No momento em que a cultura atingiu a maturidade fisiológica, 10 plantas foram selecionadas aleatoriamente na parcela e cortadas rente ao solo, para determinação do número de vagens por planta, comprimento da vagem, espessura da vagem, número de grãos por vagem e biomassa seca da parte aérea, de acordo com metodologia proposta por IPGRI (2001).

Após a trilha manual das vagens, determinou-se a umidade dos grãos, permitindo a estimativa da produtividade em kg ha^{-1} , em razão do rendimento de grãos na área útil de cada parcela com umidade ajustada para 13 % e a população de plantas corrigida para 250.000 plantas ha^{-1} . O peso de mil grãos foi determinado a partir de oito repetições de 100 grãos, pesados em balança analítica e corrigidos à umidade de 13 %. A biomassa seca da parte aérea também foi determinada em balança analítica, após as plantas permanecerem em estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 60 $^{\circ}\text{C}$ até obter peso constante.

Em todos os tratamentos foi determinado a quantidade total de água recebida pela cultura durante seu desenvolvimento, permitindo relacionar a quantidade de água aplicada com os componentes de rendimento e produtividade da cultura.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, e as médias de todos os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Para realização das análises, utilizou-se o software estatístico SPSS v.17,0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de execução do experimento, a temperatura média variou de 12,2 $^{\circ}\text{C}$ (18 de novembro de 2016) à 25,8 $^{\circ}\text{C}$ (26 de dezembro de 2017), apresentando média de 20,83 $^{\circ}\text{C}$ (Figura 2). Os valores mantiveram-se

próximos a faixa ideal estabelecida por Heinemann (2009), em que a média está em torno de 21°C, podendo variar entre 12°C e 29°C. A precipitação total durante os meses de novembro, dezembro e janeiro foi de 397,4 mm (Figura 2), suprimindo a necessidade hídrica da cultura, que de acordo com Doorenbos e Kassam (1979), varia entre 300 a 500 mm.

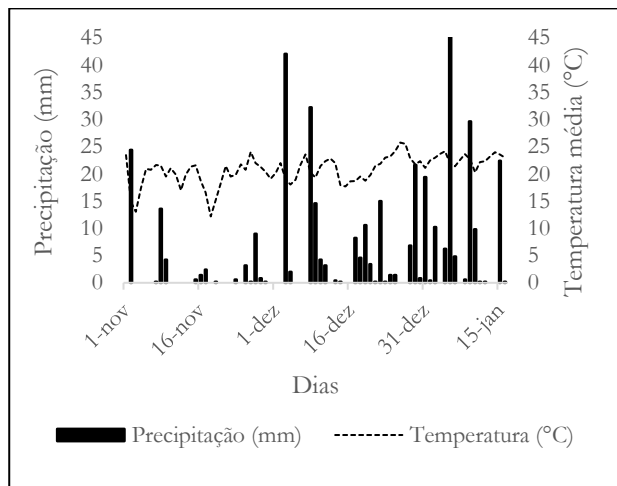


Figura 2. Precipitação e temperatura média diária, no período de 01 novembro de 2016 à 16 de janeiro de 2017.

Observa que, de acordo com as previsões divulgadas pelo IRI (*International Research Institute for Climate and Society*), nos meses de condução do experimento, houve uma neutralidade climática caracterizando enfraquecimento do fenômeno La Niña, justificando as chuvas regulares e bem distribuídas nos meses de dezembro e janeiro.

Os valores de precipitação foram satisfatórios para o desenvolvimento normal da cultura, visto que, mesmo em intervalos de dias sem ocorrência de chuvas, não houve déficit hídrico em nenhum momento durante o ciclo, conforme apresentado na Figura 3.

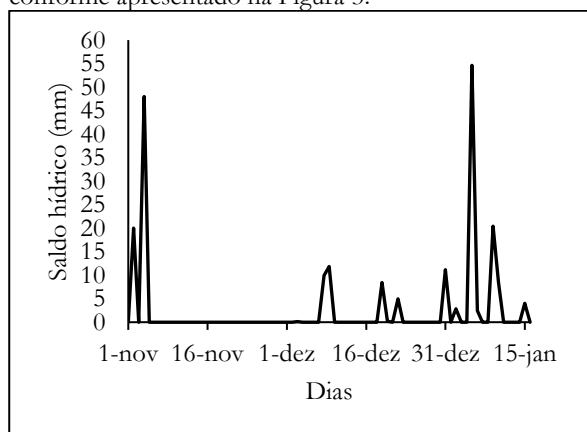


Figura 3. Balanço hídrico diário no período de 01 de novembro de 2016 à 16 de janeiro de 2017.

A quantidade de água recebida por cada tratamento é apresentada na Tabela 2. Para os tratamentos 100% CC e 45% CRA, soma-se a lâmina aplicada com a precipitação ocorrida durante o período de experimento. Os demais tratamentos receberam a mesma quantidade de água, advinda apenas da precipitação, pois no tratamento controle não se utilizava irrigação, e devido a regularidade e a boa distribuição das chuvas, não houve necessidade de aplicação de nenhuma lâmina de água gerada pela planilha Lâmina.

Dados publicados pela Conab (2017), mostram que em dezembro de 2016, as precipitações na região Sul ocorreram com mais regularidade e bem distribuídas, assim como, em janeiro de 2017, acumulando precipitação predominantemente na faixa de 150 a 300 mm, favorecendo o desenvolvimento das culturas de verão.

Tabela 2. Quantidade de água recebida (chuva + irrigação) pela cultura do feijão durante o ciclo de desenvolvimento, nos sistemas de ajuste de lâmina de irrigação. Erechim, 2017

Tratamento	Água (mm)*
Controle	397,4 ^b
Lâmina	397,4 ^b
45% CRA	548,45 ^a
100% CC	661,72 ^a
CV (%)	25

*Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Na Tabela 3, exibe-se os dados referentes aos componentes de rendimento da cultura. Observa-se diferença significativa apenas para o comprimento de vagem, sendo que os demais componentes: número de vagem por planta, espessura da vagem, número de grãos por planta, peso de mil grãos e biomassa seca da parte aérea, não apresentaram diferenças significativas.

Morais et al. (2017), analisando a influência de diferentes lâminas de irrigação e doses de adubação nos parâmetros biométricos das vagens e grãos do feijão, verificou que o comprimento de vagem cresceu linearmente de acordo com o aumento da irrigação. Para cada 0,15 % de acréscimos no comprimento, necessitou aumentar 1 % no valor de reposição hídrica.

Miorini, Saad e Menegale (2011) verificaram o menor tamanho de vagens no tratamento sem nenhuma irrigação. Do mesmo modo, Fiegenbaum et al. (1991) observou diminuição significativa no comprimento de vagem das cultivares estudadas, quando foram submetidas a períodos de estresse hídrico.

Tabela 3. Componentes de rendimento e biomassa vegetal da cultura do feijão nos sistemas de manejo da lâmina de irrigação. Erechim, 2017.

Tratamento	NVP*	CVagem (cm)	ESPV (cm)	NGPP	PMG (g)	BM (kg ha ⁻¹)
Controle	20,75 ^{ns}	9,75 ^{ab}	0,95 ^{ns}	115,75 ^{ns}	25,56 ^{ns}	5719,75 ^{ns}
Lâmina	19,00	8,89 ^b	0,90	91,87	23,59	4766,46
45 % CRA	18,50	9,95 ^{ab}	1,19	98,17	25,34	4981,57
100 % CC	23,75	10,05 ^a	0,94	124,12	24,59	6974,11
CV (%)	18	6,48	22	20	4,87	25

*Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

*NVP: número de vagem por planta; CVagem: comprimento de vagem; ESPV: espessura de vagem; NGPP: número de grãos por planta; PMG: peso de mil grãos; BM: biomassa seca da parte aérea.

Mesmo não apresentando diferença significativa, nota-se que houve uma tendência maior de NVP no tratamento 100 % CC (Tabela 3). Diversas pesquisas mostram que este componente tende a aumentar conforme a quantidade de água que está disponível para a cultura, principalmente nos períodos de floração e formação de vagens.

Santana (2007), avaliando o rendimento do feijoeiro comum cv. Talismã submetido a diferentes níveis de reposição da água de irrigação, observou um aumento no NVP quando a quantidade de água disponível no solo era maior e a irrigação estendeu-se até o final do ciclo. Moraes et al. (2016), estimou um incremento no NVP de 51,02 % nas plantas irrigadas com 100% da reposição hídrica. Resultados semelhantes também foram encontrados por Miorini, Saad e Menegale (2011), em que o número médio de vagens caiu de 7 para 2 em tratamentos sem irrigação.

Apesar de não apontar diferenças significativas, verifica-se que no componente GPP, o tratamento que obteve maior média foi o 100 % CC, no entanto, expressou um dos menores valores para PMG. O tratamento controle destacou-se com a maior média em PMG, porém o acontecimento não influenciou nos valores de produtividade (Tabela 4).

O fato do tratamento 100 % CC ter produzido maior quantidade de GPP, e estes apresentarem menor peso, explica-se pela relação fonte-dreno da planta, pois de acordo com Shouse et al. (1981), quando a massa de grãos é reduzida, indica que a produção foi limitada na fonte. Este evento pode ocorrer em virtude do grande número de vagens produzidas em tratamentos adequadamente irrigados. Desta forma, denota-se na Tabela 3, que o tratamento 100 % CC demonstrou média de 23,75 vagens por planta, ficando à frente dos demais tratamentos.

A Tabela 4 apresenta os dados médios de produtividade em kg ha⁻¹ e a relação de litros de água por quilograma de grãos produzidos.

Os tratamentos não apresentaram diferenças significativas em relação a produtividade de grãos. A média do experimento foi de 2419,73 kg ha⁻¹, superando a média nacional para o mesmo ano que foi de 1240 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017).

Os resultados assemelham-se aos encontrados por Arf et al. (2004), em que as lâminas de água utilizadas não

alteraram a produtividade de grãos, mesmo com diferença de aproximadamente 100 mm de água durante o ciclo da cultura. O tratamento com menor lâmina de água propiciou produtividade semelhante aos tratamentos com maiores lâminas, e consequentemente, menor custo de irrigação.

Tabela 4. Produtividade e eficiência no uso da água na cultura do feijão, nos sistemas de ajuste de lâmina de irrigação. Erechim, 2017

Tratamento	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Eficiência do uso da água L kg ⁻¹
Controle	2248,35 ^{ns*}	1877,20 ^{ns}
Lâmina	2017,92	2331,24
45 % CRA	2540,36	2172,69
100 % CC	2872,29	2312,54
CV (%)	24	31

*ns: Não significativo.

Observa-se na Tabela 4, que o tratamento 100 % CC apresentou maior tendência para produtividade de grãos, entretanto, apontou menor eficiência no uso da água (EUA). Estes resultados corroboram com Santana (2007), quando independente da época de suspensão da irrigação, observou que menores valores de EUA ocorreram nos tratamentos em que o aumento da reposição de água no solo foi maior.

Calvache et al. (1997), objetivando identificar os estádios da cultura do feijão que apresentam a menor sensibilidade ao estresse hídrico, constatou que, o tratamento irrigação ótima durante todo o ciclo da cultura, não correspondeu à maior eficiência no uso da água. Sendo que o maior valor de EUA condiz com o tratamento que foi submetido a estresse na fase vegetativa.

Apesar das condições meteorológicas terem favorecido o desenvolvimento da cultura, e não ter sido observado diferença na produtividade em relação aos métodos de ajuste da lâmina de irrigação, a periodicidade das chuvas que influenciou na manutenção da alta umidade durante o ciclo da cultura, possivelmente facilitou o surgimento de doenças.

Ainda que esta variável não faça parte dos objetivos do presente trabalho, notou-se forte incidência de doenças nas vagens, o que provavelmente tenha prejudicado

o desenvolvimento das plantas e afetado os índices produtivos.

CONCLUSÕES

Em anos com boa distribuição e regularidade de chuvas, a planilha Lâmina possibilita melhor ajuste da quantidade de água aplicada, permitindo racionalizar o uso desta, mantendo a produtividade semelhante aos demais tratamentos. O manejo da irrigação, que leva em consideração apenas a umidade do solo instantânea, não se mostra adequado, visto que aumenta o risco de se aplicar quantidade de água acima daquela demandada pela cultura o que pode acarretar saturação do solo e maior incidência de doenças.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).
- ARF, O. et al. *Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão*. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 131-138, fevereiro 2004.
- BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. 7. ed. Viçosa: UFV, 2005. 656 p.
- CALVACHE et al. *Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência do uso de água em uma cultura de feijão*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, sep-dec 1997.
- CARVALHO, J. J. D. *Resposta do feijoeiro comum à irrigação com déficit, sob semeadura direta*. 2013. 110 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. São Paulo. 2013.
- CARVALHO, J. J. D. et al. *Teor e acúmulo de nutrientes em grãos de feijão comum em semeadura direta, sob déficit hídrico*. **Irriga**, Botucatu, 2014. 104-117.
- CARVALHO, J. J. et al. *Manejo da irrigação no feijoeiro, cultivado em semeadura direta e convencional*. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, 8, 2014a. 52-63.
- CARVALHO, J. J. et al. *Produtividade e teores de nutrientes em grãos de feijão sob diferentes manejos do solo e da irrigação*. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, 2014b. 296-307.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. *Levantamento de Safras*, 2016. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_10_21_15_32_09_safras_outubro.pdf > Acesso em: 25. out. 2016.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. *Levantamento de Safras*, 2017. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_11_11_30_39_boletim_graos_janeiro_2017b.pdf > Acesso em: 01, jun, 2017.
- CUNHA, P. C. R. D. et al. *Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 17, 2013. 735-742.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. *Yield response to water*. Roma: FAO, 1979. 193p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos*. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p
- FIEGENBAUM, V. et al. *Influência do déficit hídrico sobre os componentes de rendimento de três cultivares de feijão*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 275-280, fevereiro 1991.
- FILHO, J. A. F. et al. *Evapotranspiração e disponibilidade hídrica em feijoeiro (Phaseolus vulgaris) sob estresse hídrico*. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, 8, 2014. 366-374.
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRUNINI, O. *Adaptação do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) à seca*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 31, jul 1996. 481-488.
- HEINEMANN, A. B. et al. *Feijão*. In: MONTEIRO, J. E. B. A. *Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola*. Brasília: INMET, 2009. Cap.2, p.183-201.
- IPGRI. *Descritores para Phaseolus vulgaris L.* Rome: International plant genetic resources institute, 2001. 45 p.
- INTERNATIONAL RESEARCH INSTITUTE FOR CLIMATE AND SOCIETY - IRI. **IRI Enso Forecast**. Disponível em: < http://iri.columbia.edu/wp-content/uploads/2017/01/quick_look_composite_jan17-2.pdf > Acesso em: 08. jun. 2016.
- JÚNIOR, J. L. C. D. S.; FRIZZONE, J. A.; PAZ, V. P. D. S. *Otimização do uso da água no perímetro irrigado formoso aplicando lâminas máximas de água*. **Irriga**, Botucatu, 19, abr/jun 2014. 196-206.
- KÖPPEN W. *Grundriss der Klimakunde*. Berlin: Walter de Gruyter & Co, 1931. 388 p.
- MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, R. D. **Atlas Climático: Rio Grande do Sul. Porto Alegre**: FEPAGRO, 2011. 185 p.

MIORINI, T. J. J.; SAAD, J. C. C.; MENEGALE, M. L. *Supressão de água em diferentes fases fenológicas do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)*. **Irriga**, Botucatu, v. 16, p. 360-368, outubro-dezembro 2011.

MONTEIRO, P. F. C.; FILHO, R. A.; MONTEIRO, R. O. C. *Efeitos da irrigação e da adubação nitrogenada sobre as variáveis agrônômicas da cultura do feijão*. **Irriga**, Botucatu, 15, out/dez 2010. 386-400.

MORAIS, W. A. et al. *Reposição hídrica e adubação com NPK no crescimento e produção do feijoeiro*. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, p. 496-506, março 2016.

MORAIS, W. A. et al. *Biometria das vagens e grãos dos feijoeiros submetidos a variações de doses de adubação e lâminas de irrigação*. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, p. 1285-1290, março 2017.

MOREIRA, J. A. A. et al. *Manejo da irrigação para otimização da produtividade e qualidade de frutos de tomateiro em sistema de plantio direto*. **Irriga**, Botucatu, v. 17, p. 408-417, 2012.

RICHARDS, L.A.; FIREMAN, M. *Pressure - plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils*. *Soil Science*, v.56, p.395-404, 1943.

SALE, P.J.M. *Productivity of vegetable crops in a region of high solar input. IV. Field chamber measurement on French beans (Phaseolus vulgaris L.) and cabbages (Brassica oleracea L.)*. *Australian Journal of Plant Physiology*, v.2, p. 461-70, 1975.

SANTANA, M.J. *Resposta do feijoeiro comum a lâminas e épocas de suspensão da irrigação*. 2007. 102 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. Minas Gerais. 2007.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. *Requerimento de água*. In: SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Irrigação do feijoeiro**. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 230 p.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. *Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.4, p.835- 841, abr. 2000.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIENCIAS DO SOLO (SBCS). *Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 10. Ed. Porto Alegre, 2004.

SOUSE, P. et al. *Water deficit effects on water potential, yield, and water use compeas*. **Agronomy Journal**, Madison, v.73, p. 333-336, 1981

THORNTHWAITE CW, MATHER JR. *The water balance*. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology; 1955, 104p.

VAN GENUCHTEN, M.T. *A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils*. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, p.892-898, 1980.