Comunicado 150
Técnico

ISSN 1517-1469
Planaltina, DF
Outubro, 2008

Foto: Sebastião Francisco Figuerêdo

Tensão de Água no Solo para Maiores Lucratividades do Feijoeiro Irrigado em Ambiente de Cerrado

Sebastião Francisco Figuerêdo[1]
Eder João Pozzebon[2]
José Antônio Frizzone[3]
Juscelino Antônio de Azevedo[4]
Antônio Fernando Guerra[5]
Euzebio Medrado da Silva[6]

Introdução

Um dos aspectos mais importantes para o sucesso da agricultura irrigada é o manejo da água aplicada pela irrigação. Apesar de avaliar de forma indireta a deficiência hídrica de uma cultura, o controle da tensão da água no solo tem se mostrado eficaz (AZEVEDO; CAIXETA, 1986; GUERRA et al., 1994; AZEVEDO; SILVA, 1999). Para essa finalidade, o tensiômetro tem sido indicado como instrumento preciso, simples e prático para estabelecer o momento de irrigação, apesar da desvantagem de operar, no máximo, até aproximadamente 80 kPa. Uma estratégia para reduzir o consumo de água é o manejo da irrigação considerando possíveis ocorrências de déficits hídricos. O principal objetivo da irrigação com déficit é economizar água, resultando em menores custos e receitas líquidas otimizadas, já que nem sempre as maiores produtividades são as mais lucrativas (FRIZZONE, 1986). O objetivo deste trabalho foi definir o nível de tensão de água no solo, mais adequado para o início das irrigações do feijoeiro no Cerrado, visando maior lucratividade.

Material e Métodos

O cultivo utilizado foi o feijão (*Phaseolus vulgaris L.*), cultivar Carioca, plantado na Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, nos anos de 1988, 1990 e 1991. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de seis níveis de tensão de água no solo, previamente estabelecidos em T1 (33 kPa), T2 (50 kPa), T3 (70 kPa), T4 (100 kPa), T5 (500 kPa) e T6 (1.000 kPa). O solo, classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico LVd textura argilosa, recebeu as doses de 130 kg ha^{-1} de P_2O_5 na forma de termofosfato Yoorin, 108 kg ha^{-1}de K_2O sob a forma de cloreto de potássio, 97 kg ha^{-1} de Mg e 40 kg ha^{-1} de FTE BR-12.

A semeadura foi realizada na segunda quinzena de maio, com 12 sementes viáveis por metro, em parcelas de 3,5 m x 6,0 m. A irrigação das parcelas foi feita simulando a irrigação por aspersão. A água aplicada foi medida por um hidrômetro com precisão de 1 litro. Baterias de tensiômetros e blocos de gesso, nas profundidades de 0,10 m; 0,20 m; 0,30 m; 0,40 m; 0,50 m; 0,60 m e 0,80 m, permitiram determinar o conteúdo de água no solo.

[1] Engenheiro Agrícola, M.Sc., Embrapa Cerrados, figueredo@cpac.embrapa.br
[2] Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Agência Nacional de Águas, eder@ana.gov.br
[3] Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Professor da ESALQ, frizzone@carpa.ciagri.usp.br
[4] Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Embrapa Cerrados, juscelin@cpac.embrapa.br
[5] Engenheiro Agrícola, Ph.D., Embrapa Cerrados, guerra@cpac.embrapa.br
[6] Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Embrapa Cerrados, euzebio@cpac.embrapa.br

Embrapa

A lâmina de irrigação foi calculada, visando elevar a umidade do solo à capacidade de campo (0,345 m^3 m^{-3}) até a profundidade de 0,40 m.

O rendimento de grãos foi determinado em cinco fileiras centrais de plantas. Foi feita a determinação do ponto de máximo rendimento de grãos e a análise da sensibilidade da máxima lucratividade, considerando-se a variação dos preços do feijão a serem pagos aos produtores e os custos associados à irrigação. A variação desses parâmetros foi estabelecida, considerando-se faixas de valores de custo associados à irrigação de 0,32 US$ mm ha^{-1} a 0,74 US$ mm ha^{-1} (PAZ et al., 2002).

As faixas dos preços do feijão foram estabelecidas, considerando os valores entre 0,25 US$ kg^{-1} e 0,76 US$ kg^{-1}, tomando por base os preços médios mensais recebidos pelos produtores do Estado de São Paulo entre janeiro de 1996 e janeiro de 2004 (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA, 2004).

Resultados e Discussão

Quanto ao rendimento de grãos, observa-se na Tabela 1 que, mesmo nos tratamentos submetidos ao déficit hídrico, os dados de produtividade foram superiores aos 1.470 kg ha^{-1} relatados por Rodrigues et al. (2002). Comparando esses dados aos obtidos nesse experimento, verifica-se que o Cerrado apresenta condições mais adequadas à cultura do feijoeiro irrigado, sendo possível a obtenção de altos rendimentos com maior disponibilidade hídrica do solo proporcionada pela irrigação. Essa constatação é reforçada pelos resultados de Guerra et al. (2000), em Planaltina, DF, que obtiveram rendimentos de grãos acima de 4.800 kg ha^{-1} para tensão de água no solo de 41 kPa e suprimentos ótimos de adubação nitrogenada, bem como por Azevedo et al. (2008) em cultivo plantado em junho de 1997, os quais obtiveram produtividade de 4.451 kg ha^{-1}, irrigando a tensões próximas de 25 kPa e aplicando 600 kg ha^{-1} do fertilizante formulado 5.20.20 no sulco de plantio.

Os rendimentos de grãos foram mais afetados nos tratamentos submetidos às maiores tensões da água no solo. Analisando conjuntamente os resultados dos três anos, verificou-se que a variação do rendimento de grãos em função da tensão da água do solo segue um comportamento logarítmico (Fig. 1a), considerando a faixa de valores de tensão observados de 36 kPa a 994 kPa. Da mesma forma, a lâmina total em função da tensão da água no solo apresentou um comportamento logarítmico (Fig. 1b).

Analisando a regressão entre a variável lâmina de água total e o rendimento de grãos, verificou-se que a relação segue uma variação quadrática (Fig. 2a).

Analisando o modelo quadrático e a equação

Tabela 1. Valores médios das variáveis: tensão da água no solo observada, rendimentos de grãos, lâminas e volumes de água aplicadas, custos associados à irrigação (C) e valor da produção (V) – Planaltina, DF.

Tensões pré-estabelecidas		Ano	Tensões observ.	Rend. de grãos [1]	Lâmina aplicada	Volume consum.	Custo (C) [2]	Valor (V) [3]	V-C
Trat.	kPa	-	kPa	kg ha^{-1}	mm	m^3 ha^{-1}	R$ mm^{-1} ha^{-1}	R$ ha^{-1}	R$ ha^{-1}
T1	33	1988	36	2.945,7	623	6.230	903,4	3.682,1	2.778,8
T1	33	1991	37	3.320,0	602	6.020	871,9	4.150,0	3.277,1
T1	33	1990	38	3.021,7	528	5.280	765,6	3.777,1	3.011,5
T2	50	1988	49	2.973,0	571	5.710	828,0	3.716,3	2.888,3
T2	50	1991	56	2.866,7	556	5.560	806,2	3.583,4	2.777,2
T2	50	1990	57	3.038,2	581	5.810	842,5	3.797,8	2.955,3
T3	70	1988	63	2.760,2	458	4.580	664,1	3.450,3	2.786,2
T3	70	1991	68	2.775,7	561	5.610	813,5	3.469,6	2.656,2
T3	70	1990	69	3.011,0	474	4.740	687,3	3.763,8	3.076,5
T4	100	1988	140	3.168,0	469	4.690	680,1	3.960,0	3.280,0
T4	100	1991	154	2.865,5	466	4.660	675,7	3.581,9	2.906,2
T4	100	1990	169	2.399,7	383	3.830	555,4	2.999,6	2.444,3
T5	500	1988	361	2.171,5	361	3.610	523,5	2.714,4	2.190,9
T5	500	1991	458	2.600,5	352	3.520	510,4	3.250,6	2.740,2
T5	500	1990	464	1.995,0	333	3.330	482,9	2.493,8	2.010,9
T6	1.000	1988	917	2.152,2	324	3.240	469,8	2.690,3	2.220,5
T6	1.000	1991	990	2.452,2	335	3.350	485,8	3.065,3	2.579,5
T6	1.000	1990	994	2.210,0	325	3.250	471,3	2.762,5	2.291,3

[1] Teste F para rendimento de grãos significativo a 1 % de probabilidade; [2] Custo associado à irrigação (C), considerando-se a água valorada em R$ 1,45 mm^{-1} ha^{-1}; [3] Valor da produção (V), considerando-se o preço do feijão pago ao produtor de R$ 1,25 kg^{-1}.

correspondente (Fig. 2a), pode-se inferir que o ponto equivalente ao máximo rendimento de grãos foi de 3.032 kg ha^{-1}, correspondendo à lâmina total de irrigação de 573 mm. Tomando por base a lâmina de 573 mm e o modelo logarítmico ajustado na Fig. 1b, chega-se à tensão de 37 kPa, a qual leva ao ponto ótimo de máxima produtividade.

Na análise da lucratividade do feijoeiro, introduzindo a componente de custo na decisão sobre qual deverá ser o melhor nível de tensão a ser utilizado no momento da irrigação, foram considerados seis pontos variando a cada R$ 0,30, para os custos da água de irrigação na faixa de R$ 0,70 a R$ 2,20 e para o preço de feijão de R$ 0,50 a R$ 2,00.

Para a determinação da máxima lucratividade, a variação entre o valor total da produção menos o custo da irrigação (VC) e a lâmina total de irrigação (L), na faixa de 324 mm a 623 mm, foi representada também pela função quadrática (Fig. 2b). Com base nessa modelagem, observou-se que o valor de máxima lucratividade foi de 2.990,00 R$ ha^{-1}, correspondente à lâmina total de irrigação de 531 mm.

Nesse cálculo, foi considerado o custo médio da lâmina de água de irrigação de R$ 1,45 mm^{-1} ha^{-1} e o preço médio do feijão pago ao produtor de R$ 1,25 kg^{-1}.

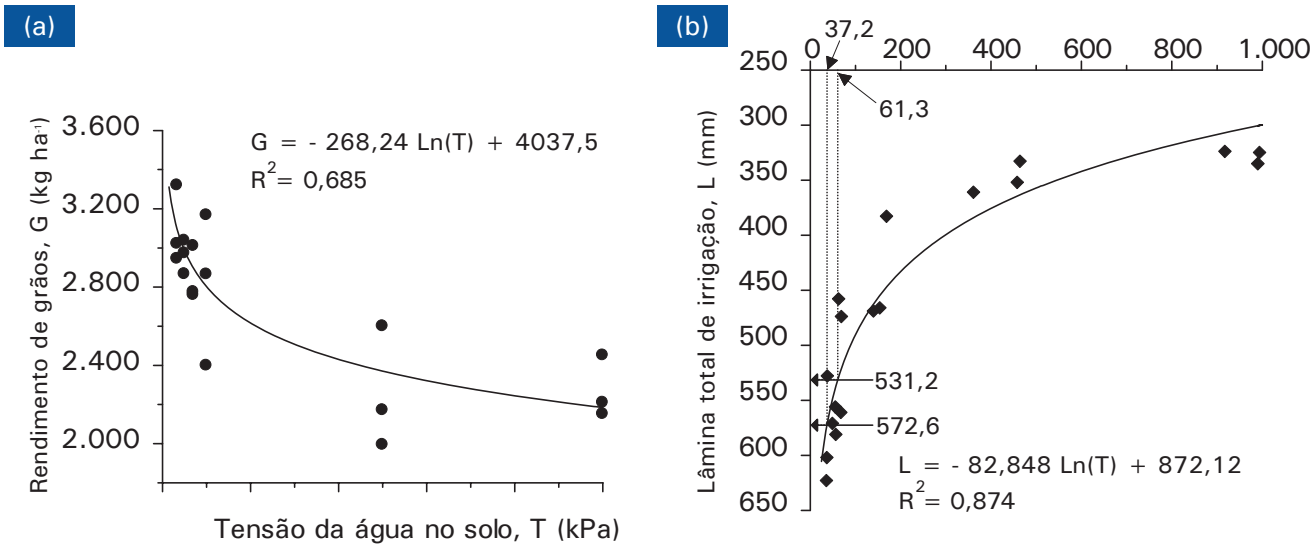

Fig. 1. Rendimento (a) e lâmina total de irrigação (b) em função da tensão da água no solo para a cultura do feijoeiro, Planaltina, DF.

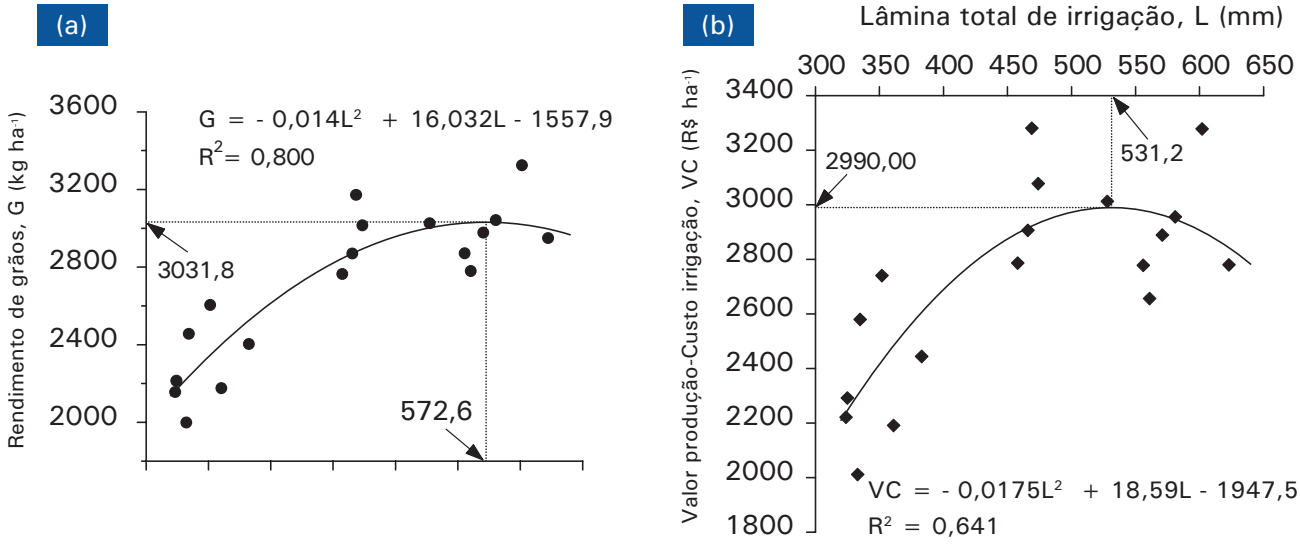

Fig. 2. Curva de rendimento de grãos (a) e variação da receita (b) em função das lâminas de água na cultura do feijoeiro, Planaltina, DF.

Como resultado, o ponto de máxima lucratividade ocorreu com a lâmina de irrigação de 531 mm (Fig. 2b) e o valor correspondente de tensão da água no solo de 61 kPa (Fig. 1b), considerando a produtividade de 2.990,00 kg ha^{-1} (Fig. 2b).

Verifica-se que houve um decréscimo de apenas 7 % na lâmina correspondente ao ponto de máxima lucratividade em relação ao de máximo rendimento de grãos.

Depreende-se da Fig. 3 que, quando o custo associado à irrigação for baixo e o preço do feijão for alto, o manejo da irrigação pode ser feito em níveis de tensão da água no solo próximos ao ponto de máxima produtividade de 37 kPa (região A do gráfico). Numa situação econômica média, o manejo da irrigação poderá ser feito considerando-se valores de tensão em torno de 60 kPa. Essa situação média pode ser determinada quando ambos os fatores forem altos (região B do gráfico), quando os dois fatores forem intermediários (região C do gráfico) ou quando ambos os fatores forem baixos (região D do gráfico). Ao contrário, quando o custo da irrigação for alto e os preços do feijão forem baixos, esse manejo poderá ser feito considerando valores maiores de tensão da água no solo (região E do gráfico), que resultarão em menores lâminas totais consumidas, representando maior economia de água.

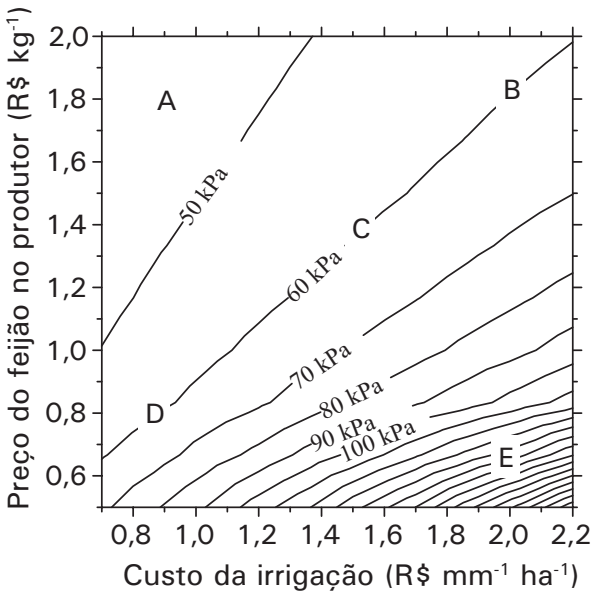

Fig. 3. Linhas de contorno da tensão da água no solo para obtenção de máximas lucratividades em função do custo associado à irrigação e do preço do feijão a ser pago aos produtores, Planaltina, DF.

Nessa análise, considerando-se as faixas estudadas de custos associados à irrigação e de preços do feijão, na situação mais crítica, as diferenças máximas ocorreram para os custos associados à irrigação de 2,20 R$ mm^{-1} ha^{-1} e de preços do feijão de 0,50 R$ kg^{-1}. Nessa situação, a redução nas lâminas foi de 27 %, em relação a lâmina de 572 mm no ponto de máximo rendimento, correspondendo a um aumento nas tensões de 566,2 % e redução na produtividade de apenas 16 %. Essa redução de 27 % nas lâminas de irrigação resultou em uma economia de água de 1.571 m^3 ha^{-1}.

Conclusões

As maiores produtividades resultaram de irrigações realizadas com o nível de tensão da água no solo em torno de 37 kPa. As maiores lucratividades, considerando-se uma situação média de custo da água de irrigação e preços do feijão, são alcançadas quando as irrigações foram feitas com as leituras dos tensiômetros em torno de 61 kPa. Essa mudança das tensões para o início das irrigações, de 37 kPa para 61 kPa, permite uma economia de 41 mm de água no ciclo da cultura.

Referências

AZEVEDO, J. A. de; CAIXETA, T. J. **Irrigação do feijoeiro.** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1986. 60 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 23).

AZEVEDO, J. A. de; SILVA, E. M. da. **Tensiômetro**: dispositivo prático para controle da irrigação. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 39 p. (Embrapa Cerrados. Circular técnica, 1).

AZEVEDO, J. A. de; SILVA, E. M. da; RODRIGUES, G. C. Irrigação, densidade de plantio e adubação na produtividade do feijão irrigado por aspersão no cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA, 25., Guarapari, 2007. **Anais...** Brasília, DF: Confederação das Associações dos Engenheiros Agrônomos do Brasil, 2008. 1 CD-ROM.

FRIZZONE, J. A. **Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação**. 1986. 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

GUERRA, A. F.; SILVA, B. D. da; RODRIGUES, G. C. Manejo da irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 35, n. 6, p. 1229-1236, 2000.

GUERRA, A. F.; SILVA, E. M. da; AZEVEDO, J. A. Tensão de água no solo: um critério viável para a

irrigação do trigo na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p. 631-636, 1994.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Perspectivas para a safra de feijão da seca 2003/04 no Estado de São Paulo.** São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=1237>. Acesso em: 06 set. 2007.

PAZ, V. P. da S.; FRIZZONE, J. A.; BROTEL, T. A.; FOLEGATTI, M. V. Otimização do uso da água em sistemas de irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v. 6, p. 404-408, 2002.

RODRIGUES, J. R. de M.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, J. G.; MORAIS, A. R.; REZENDE, P. M. População de plantas e rendimento de grãos do feijoeiro em função de doses de nitrogênio e fósforo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 6, nov/dez., 2002. p. 1218-1227. Disponível em: <http://www.editora.ufla.br/revista/26_6/art14.pdf> Acesso em: 07 set 2007.

Vista geral do experimento com feijão irrigado no inverno no terceiro cultivo (1990), mostrando as parcelas com os tratamentos e baterias de tensiômetros de mercúrio.

Foto mostrando o aspecto geral do feijoeiro em um tratamento bem suprido de água no primeiro plano (tensão de 0,5 atm) e outro tratamento com deficiência hídrica (tensão de 10 atm).

Comunicado Técnico, 150

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Cerrados
Endereço: BR 020 Km 18 Rod. Brasília/Fortaleza
Caixa postal: 08223 CEP 73310-970
Fone: (61) 3388-9898 **Fax**: (61) 3388-9879
sac@cpac.embrapa.br

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

1ª edição
1ª impressão (2008): 100 exemplares

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

BRASIL UM PAÍS DE TODOS GOVERNO FEDERAL

Comitê de publicações

Presidente: *José de Ribamar N. dos Anjos*
Secretária Executiva: *Maria Edilva Nogueira*

Expediente

Supervisão editorial: *Fernanda Vidigal Cabral de Miranda*
Equipe de revisão: *Fernanda Vidigal Cabral de Miranda, Francisca Elijani do Nascimento, Jussara Flores de Oliveira Arbués*
Editoração eletrônica: *Fabiano Bastos*
Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza, Alexandre Moreira Veloso*

CGPE: 7914