

# Irrigação

Pedro Marques da Silveira<sup>1</sup>

Luis Fernando Stone<sup>2</sup>

Resumo - A produtividade da cultura do feijoeiro é dependente da quantidade de água que lhe é fornecida. Vários fatores interferem no volume de água utilizado pela planta. Não se deve permitir déficit ou excesso de água no solo, para a obtenção de máxima produtividade. Discutem-se a evapotranspiração máxima, o coeficiente de cultura, o método de irrigação por aspersão e os critérios que permitem decidir o momento de irrigar e quantificar a lâmina d'água a ser aplicada por irrigação. A uniformidade de aplicação de água do equipamento de irrigação é aspecto importante para a obtenção de alta produtividade.

Palavras-chave: Feijão. *Phaseolus vulgaris*. Manejo de água. Tensiômetro. Evapotranspiração.

## INTRODUÇÃO

O rendimento do feijoeiro é bastante afetado pela condição hídrica do solo. Deficiência ou excesso de água, nos diferentes estádios da cultura, causam redução na produtividade em diferentes proporções. Os efeitos do déficit hídrico iniciam-se, quando a taxa de evapotranspiração supera a taxa de absorção de água pelas raízes e sua transmissão para as partes aéreas da planta. O déficit hídrico está associado, portanto, a uma redução progressiva da água no solo, que acompanha a profundidade radicular. Quanto maior a redução, mais severo será o déficit.

Em condições de excesso de água, o desenvolvimento vegetativo e o rendimento do feijoeiro são bastante prejudicados. O efeito na planta depende do solo, do estágio de desenvolvimento, da cultivar, da temperatura, do tempo de duração do excesso hídrico, entre outros. A respiração é um dos aspectos mais sensíveis da atividade da planta e a redução da sua atividade tem

efeito limitante no desenvolvimento da cultura. O aumento da resistência ao movimento de água, através das raízes, a queda da absorção de nutrientes, o aumento da concentração de substâncias tóxicas na planta e a redução do crescimento e do potencial de água na folha são aspectos negativos que ocorrem, quando há excesso de água. Além disso, essa situação favorece a incidência de doenças radiculares. Em condições de encharcamento, o aparecimento de raízes adventícias é muito comum e facilmente observado.

Assim, para a obtenção de altas produtividades deve-se evitar déficit ou excesso de água no solo em qualquer fase do ciclo do feijoeiro.

## PRODUTIVIDADE E QUANTIDADE DE ÁGUA

A produtividade do feijoeiro cresce com o aumento da quantidade de água que lhe é fornecida, até determinado limite. Os dados de Silveira e Moreira (1990), obtidos na

região dos cerrados em feijoeiro de outono-inverno, mostram que a maior produtividade, de 2.325 kg ha<sup>-1</sup>, foi alcançada com a aplicação de 447 mm de água, durante o ciclo da cultura (Gráfico 1).

Isso significa que foram gastos 2 mil litros de água para produzir 1 quilo de feijão (4.470.000 litros/2.235 kg). Entretanto, não se pode dizer que 447 mm de água seria a quantidade recomendada para o feijoeiro.

Vários fatores interferem na quantidade de água utilizada pela cultura, como relatado a seguir:

- a) cultivar: há influência da cultivar de feijoeiro na quantidade de energia solar interceptada. Esta depende do índice de área foliar, da arquitetura da planta e da extensão e características da superfície transpirante. O sistema radicular também afeta a perda de água, uma vez que suas características (densidade, profundidade e eficiência na absorção de água)

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.Sc., Pesq. Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás-GO. Correio eletrônico: pmarques@cnpaf.embrapa.br

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.Sc., Pesq. Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás-GO. Correio eletrônico: stone@cnpaf.embrapa.br

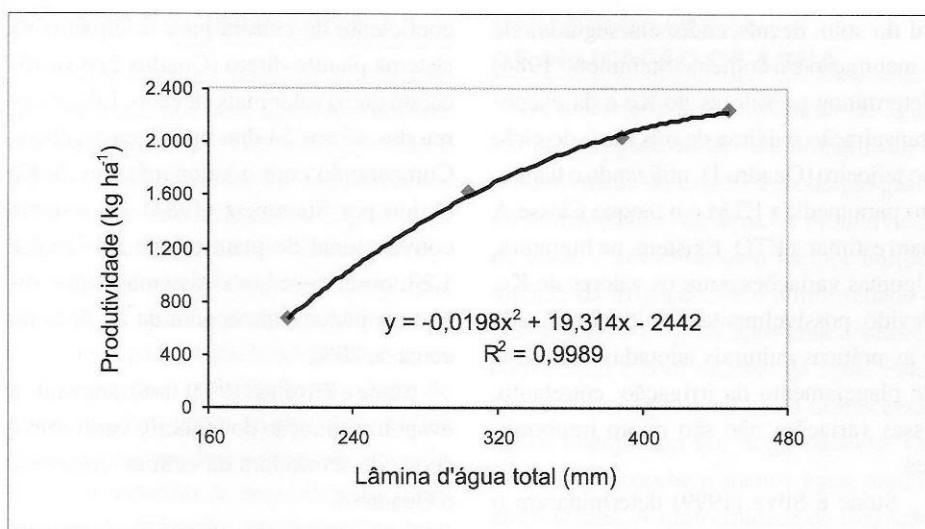


Gráfico 1 - Produtividade do feijoeiro em função da lâmina d'água aplicada

influenciam a quantidade e a velocidade com que a água é absorvida. Em uma mesma cultivar, o consumo de água varia com o seu estágio de desenvolvimento e, entre cultivares, com a duração do ciclo de vida;

b) manejo da cultura: o consumo de água é afetado pelo manejo da cultura, porque ele pode influenciar a arquitetura da planta e o índice de área foliar. Mack e Varseveld (1982) compararam as populações de 43 e 21,5 plantas por m<sup>2</sup>. Verificaram mais rápida depleção da água do solo na maior população. Guimarães et al. (1982) observaram que na população de 30 plantas por m<sup>2</sup>, o feijoeiro consumiu um pouco mais de água do que na população de 20 plantas por m<sup>2</sup>, especialmente na floração;

c) manejo do solo: o efeito do manejo do solo no consumo de água pode ser observado pelos resultados obtidos por Stone e Moreira (2000). Estes autores verificaram que no plantio direto (mais cobertura morta) os feijoeiros foram mais eficientes no uso da água em relação ao sistema de preparo do solo com grade aradora. Com a cultivar Safira, de plantas eretas, a produtividade obtida em plantio direto (mais cobertu-

ra morta), com 280 mm de água, foi semelhante à obtida com 400 mm no preparo com grade, o que representa uma economia de água de 30%. Com a cultivar Aporé, de plantas prostradas, a economia foi menos expressiva. A produtividade máxima dessa cultivar no sistema plantio direto (mais cobertura morta) foi obtida com 343 mm de água, correspondente à obtida com 400 mm no preparo com grade, o que representa uma economia de 14%. A palhada na superfície

do solo reduz a taxa de evaporação, devido à reflexão de energia radiante. A redução da evaporação depende da quantidade da cobertura morta e da arquitetura e desenvolvimento do dossel dos feijoeiros. Assim, quando a palhada é pouca ou é rapidamente decomposta e a cultura cobre rapidamente o solo, o benefício da cobertura morta não é tão expressivo.

Moreira (1999) observou que a economia de água no sistema plantio direto começa a ser significativa com 50% de cobertura do solo pela palhada, implicando em menor número de irrigações do feijoeiro (Gráfico 2);

d) condições climáticas: em condições de ótima disponibilidade de água no solo, a perda de água pela evapotranspiração é função da vegetação e, principalmente, das condições climáticas. A radiação solar, a velocidade do vento, a temperatura e a umidade relativa do ar são os principais fatores que vão determinar a magnitude da evapotranspiração do feijoeiro. Esses fatores variam com a época do ano e, conseqüentemente, a eva-

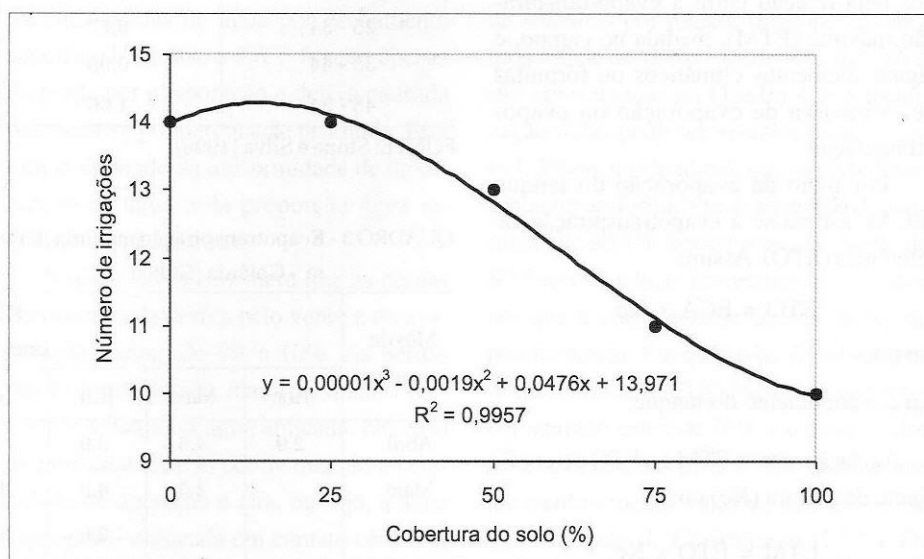


Gráfico 2 - Número de irrigações efetuadas durante o ciclo do feijoeiro, em função da porcentagem de cobertura do solo pela palhada

FONTE: Dados básicos: Moreira (1999).

potranspiração também varia. Isso foi observado por Stone e Silveira (1995), que verificaram que, à medida que se atrasou a semeadura do feijoeiro, a partir de abril, em Goiânia-GO, aumentou-se o consumo total de água.

## EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÁXIMA

A evapotranspiração máxima do feijoeiro, medida em um determinado local, é função das condições climáticas durante o desenvolvimento da cultura. O crescimento e o desenvolvimento das plantas, os quais estão naturalmente associados a tipo e fertilidade do solo, época de semeadura, cultivar utilizada e práticas culturais, entre outros, também exercem influência sobre o consumo de água. No entanto, os fatores preponderantes são os relacionados com a demanda evaporativa da atmosfera. O consumo de água, portanto, determinado em condições específicas de um dado local, ano e época de semeadura, não pode ser extrapolado para outras condições em valores absolutos. Para se estimar a necessidade hídrica de uma cultura em uma condição específica, é necessário determinar coeficientes, denominados geralmente "coeficientes de cultura". Estes são obtidos pela relação entre a evapotranspiração máxima (ETM), medida no campo, e alguns elementos climáticos ou fórmulas de estimativa de evaporação ou evapotranspiração.

Por meio da evaporação do tanque (ECA), estima-se a evapotranspiração de referência (ETO). Assim:

$$ETO = ECA \times K_p$$

em que:

$K_p$  é o coeficiente do tanque.

A relação entre a ETM e a ETO é o coeficiente de cultura ( $K_c$ ) ou:

$$ETM = ETO \times K_c$$

Em culturas anuais, o valor do  $K_c$  aumenta desde a emergência até a cobertura to-

tal do solo, decrescendo, em seguida, até a maturação e a colheita. Steinmetz (1984) determinou os valores do  $K_c$  e da evapotranspiração máxima de três fases do ciclo do feijoeiro (Quadro 1), utilizando o lisímetro para medir a ETM e o tanque Classe A para estimar a ETO. Existem, na literatura, algumas variações entre os valores de  $K_c$ , devido, possivelmente, à cultivar utilizada e às práticas culturais adotadas. Para fins de planejamento da irrigação, entretanto, essas variações não são muito importantes.

Stone e Silva (1999) determinaram o

coeficiente de cultura para o feijoeiro no sistema plantio direto (Quadro 2) e verificaram que o valor mais elevado, 1,06, ocorreu dos 45 aos 54 dias após a emergência. Comparando com o valor máximo de  $K_c$  obtido por Steinmetz (1984), no sistema convencional de plantio, que foi igual a 1,28, observa-se que o sistema plantio direto propiciou uma economia de água de cerca de 20%.

Stone e Silveira (1995) mostraram que a evapotranspiração do feijoeiro varia com a época de semeadura da cultura, conforme o Quadro 3.

QUADRO 1 - Coeficiente de cultura ( $K_c$ ) e evapotranspiração máxima de três fases do ciclo do feijoeiro - Goiânia (GO)

Fase da cultura	Duração (dias)	$K_c$	Evapotranspiração máxima (mm/dia)
Germinação ao início da floração	35	0,69	3,4
Floração	25	1,28	6,0
Desenvolvimento de vagens à maturação	20	1,04	4,7

FONTE: Steinmetz (1984).

QUADRO 2 - Coeficientes de cultura do feijoeiro, cultivar Aporé, no sistema plantio direto

Dias após a emergência	$K_c$	Dias após a emergência	$K_c$
0 - 14	0,49	55 - 64	0,89
15 - 24	0,69	65 - 74	0,74
25 - 34	0,77	75 - 84	0,48
35 - 44	0,90	85 - 94	0,27
45 - 54	1,06		

FONTE: Stone e Silva (1999).

QUADRO 3 - Evapotranspiração máxima (ETM) do feijoeiro em função dos meses de semeadura - Goiânia (GO)

Mês de semeadura	ETM (mm dia <sup>-1</sup> )							ETM ciclo (mm)
	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	
Abril	2,9	4,6	3,9					294,5
Mai		2,5	4,8	4,5				297,5
Junho			2,6	5,5	5,4			336,5
Julho				3,0	6,7	5,3		378,5
Agosto					3,6	6,5	4,8	384,5

## MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO

Na cultura do feijoeiro, a irrigação por aspersão, nos sistemas convencional, autopropelido e pivô central, tem sido o método mais utilizado. Em menor escala, também têm sido utilizadas a irrigação por sulcos e a subirrigação em solos de várzeas. Considerando-se o método de irrigação por aspersão, o sistema pivô central é o mais apropriado para irrigar áreas grandes e, por isso, tem sido o mais usado na cultura do feijoeiro, visto que a lucratividade obtida com essa cultura depende, entre outros fatores, do tamanho da área plantada. É um sistema de irrigação que possibilita bom controle da lâmina d'água aplicada e apresenta grande diversificação de equipamentos e sistemas. De modo geral, a eficiência do sistema está próxima de 70%, podendo alcançar 90% em alguns equipamentos. Em condições severas de clima a eficiência pode ser reduzida a 50%. O vento, a umidade relativa do ar e a temperatura são os principais fatores climáticos que afetam a eficiência da irrigação por aspersão. O vento interfere na uniformidade de distribuição da água aplicada pelos aspersores e, com a temperatura e a umidade relativa do ar, afeta a perda de água por evaporação (BERNARDO, 1989).

A distorção provocada pelo vento dependerá da sua velocidade e do tamanho das gotas de água aplicadas. Quanto maior a velocidade do vento e menor o tamanho das gotas, maior será a distorção na distribuição da água, quando comparada com a conseguida em condições calmas de vento (OLITTA, 1982).

Para minimizar os problemas causados pelo vento em pivô central, os aspersores têm sido montados em tubos de descida ou bengalas. Nesses casos, a intensidade da precipitação cresce, devido à redução na área molhada. Difusores de baixa pressão, devido à menor área molhada, requerem menor espaçamento entre si. Isso pode trazer o inconveniente de possíveis colisões de gotas, provenientes de difusores adjacentes, resultando em locais com intensa aplicação de água, o que reduz, drasticamente, a uniformidade da irrigação.

## UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA

A uniformidade de aplicação de água em área irrigada influencia diretamente a produtividade da cultura e a energia gasta no bombeamento da água. A produtividade tende a aumentar com melhor uniformidade da irrigação. Se a uniformidade é baixa, a área irrigada apresentará setores com déficit e com excesso de água. Este, por sua vez, representa gasto desnecessário de energia em seu bombeamento. Os setores que recebem menos água produzirão menos. A uniformidade da irrigação em pivôs centrais é afetada pelo diâmetro dos bocais e pressão de operação dos aspersores e pela ação do vento.

A eficiência de aplicação de água (EA) é a relação entre a quantidade de água incorporada ao solo, até a profundidade efetiva do sistema radicular, e a quantidade de água aplicada. As perdas que podem ocorrer na aplicação de água, por meio de aspersores, são resultantes da evaporação que acontece desde a saída do jato de água dos bocais, até a superfície do solo, da percolação para baixo da profundidade efetiva do sistema radicular e do escoamento superficial para fora da área cultivada (SCALOPPI, 1986).

O dimensionamento adequado do sistema de irrigação por aspersão não deve permitir perdas de água por escoamento superficial. Assim, a EA é função apenas da perda por evaporação e deriva causada pelo vento e por percolação profunda. Esta última depende da uniformidade de distribuição de água e da proporção água requerida/água aplicada.

Keller (1979) considera que as perdas decorrentes da deriva pelo vento e da evaporação variam de 5% a 10%. As perdas por evaporação são maiores, quanto menor for a lâmina d'água aplicada. No caso do pivô central, isso ocorre quando a velocidade de operação é alta, ou seja, a água aspergida é colocada em contato com o ar ainda seco, o que favorece a evaporação direta.

As perdas por evaporação e deriva,

causada pelo vento, variam com a lâmina d'água aplicada, com a velocidade do vento e com a demanda evaporativa da atmosfera. Como as perdas por percolação profunda são difíceis de avaliar em sistemas de irrigação por aspersão, também fica difícil determinar a EA que deve ser usada no cálculo da lâmina bruta. Seria necessário considerar, em cada irrigação, um valor de EA, dependendo da lâmina d'água a ser aplicada e das condições climáticas vigentes. Dessa maneira, considera-se que culturas de elevado valor econômico, como o feijoeiro irrigado, requerem aplicação de água mais uniforme possível. Keller (1979) recomendou utilizar, para o cálculo da quantidade de água a ser aplicada em culturas de elevado valor econômico, o valor do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), como estimativa da EA, por ser índice de uniformidade relativamente rigoroso.

As perdas por percolação e a porcentagem da área deficientemente irrigada são tanto menores, quanto maior for o valor de CUD, ou seja, quanto mais uniforme for a distribuição da água na área irrigada.

A CEMIG (1993) avaliou a uniformidade de aplicação de água de 11 pivôs centrais localizados em regiões tipicamente agrícolas do estado de Minas Gerais. O número de amostras por região foi proporcional à quantidade de pivôs. As regiões avaliadas são apresentadas no Quadro 4, e a localização delas pode ser visualizada na Figura 1. Vê-se, no Quadro 4, que os pivôs apresentaram uniformidade de aplicação de água média de 80,1%, pouco acima do limite de 80% recomendado. Entretanto, houve casos em que a uniformidade esteve abaixo da recomendada. Em quatro pivôs, observou-se que o valor de CUD foi menor que o recomendado, que é de 70%, e o menor valor foi constatado no pivô nº 2, o mesmo que apresentou menor valor de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). Os resultados mostram que quase metade dos pivôs tiveram algum problema de uniformidade de distribuição de água.

Andrade et al. (2002) obtiveram valores da produtividade do feijoeiro em função da uniformidade de aplicação da água de irrigação (Quadro 5). Quando o CUD diminuiu de 86% para 66%, a produtividade

de do feijoeiro decresceu de 2.759 para 2.423 kg ha<sup>-1</sup>, o que significa que em área irrigada de 100 ha, a redução total na produção seria de 33.600 kg, ou seja, de 560 sacas.

QUADRO 4 - Fazenda, localização, CUC e CUD dos pivôs centrais avaliados

Número	Fazenda	Localização	CUD (%)	CUC (%)
1	Veneza	Araguari	86,9	79,8
2	Santa Fé	Uberaba	63,6	53,6
3	Bagagem de Baixo	Planura	83,9	80,1
4	Pampa	Presidente Olegário	84,9	78,6
5	Santa Cruz	São Gonçalo do Abaeté	81,4	70,3
6	Agropecuária Campo Lindo	Brasília de Minas	78,6	70,8
7	Arapuim Agropecuária	Januária	78,5	63,1
8	Agropasto	Manga	84,7	72,3
9	Rio Dourado Empreendimentos Rurais	Taiobeiras	74,9	67,0
10	Oriente	Paraguaçu	80,3	70,8
11	Agropecuária Michels	Iraí de Minas	83,3	69,9
Média			80,1	70,6

FONTE: CEMIG (1993).

NOTA: CUC - Coeficiente de uniformidade de Christiansen; CUD - Coeficiente de uniformidade de distribuição.

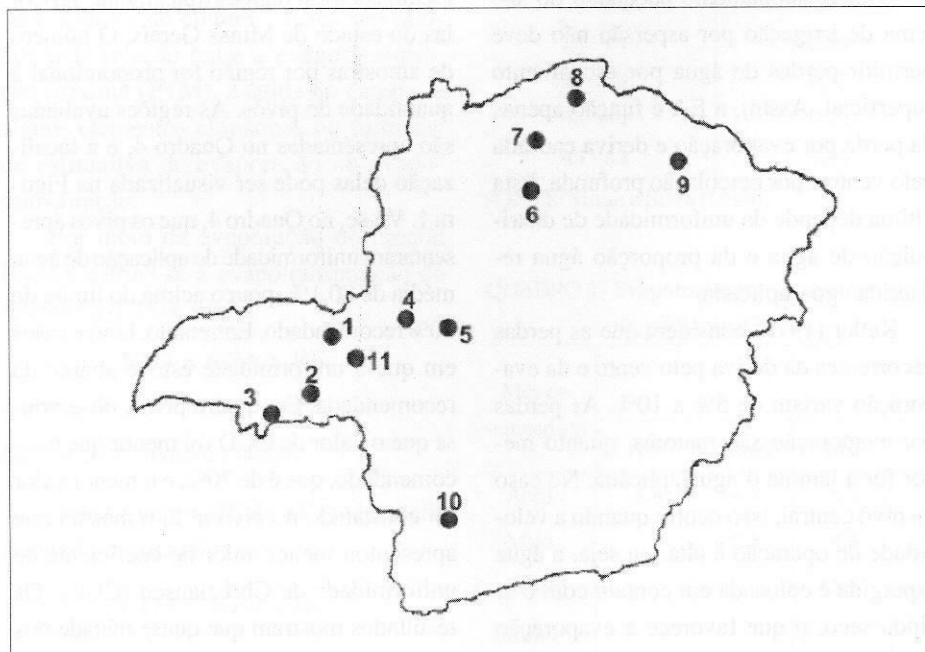


Figura 1 - Localização dos pivôs centrais estudados em Minas Gerais

FONTE: CEMIG (1993).

QUADRO 5 - Rendimento do feijoeiro em função do CUC

CUC (%)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
86	2.759
66	2.423

FONTE: Dados básicos: Andrade et al. (2002).

NOTA: CUC - Coeficiente de uniformidade de Christiansen.

## MANEJO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

O manejo adequado da irrigação do feijoeiro consiste em fornecer água ao solo no momento oportuno (quando irrigar) e na quantidade suficiente (quanto irrigar), para atender à necessidade hídrica das plantas. Esse manejo tem como objetivos: maximizar a produtividade da cultura, minimizar o uso de água e o custo de energia, aumentar a eficiência de adubos, diminuir a intensidade de doenças e manter, ou melhorar, as condições químicas e físicas do solo. Apesar de todos esses benefícios, a maioria dos produtores de feijão irrigado não dá a devida importância ao manejo da irrigação. Várias causas podem ser citadas para explicar essa atitude: baixo custo da água, carência de dados edafoclimáticos, baixa prioridade em relação às outras práticas culturais e desconhecimento da técnica (SILVEIRA et al., 2001). Quanto à água, por enquanto o insumo nada custa ao produtor irrigante, mas isso vai durar pouco. Pela Constituição Brasileira, os recursos hídricos são de propriedade do Estado. A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), diz no Inciso 1 do Art. 1º: a água é um bem de domínio público. O Inciso 4 do Art. 5º institui a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Com referência à energia elétrica, é certo que diminuirão ou acabarão as tarifas especiais para irrigação.

### Quando irrigar

O fornecimento de água no momento oportuno exige que se faça um manejo adequado da irrigação. Para isso, são apresentados os métodos do tensiômetro e do tanque Classe A. Pela simplicidade e

praticidade é dada maior ênfase ao método do tensiômetro.

### Tensiômetro

O tensiômetro constitui-se de um tubo plástico, de comprimento variável, cuja extremidade inferior tem uma cápsula de porcelana porosa. É fechado hermeticamente na extremidade superior, onde se encontra um manômetro de mercúrio ou um vacuômetro metálico tipo Bourdon, que atua como elemento indicador do vácuo existente dentro do aparelho, quando ele está em operação.

O vacuômetro metálico geralmente fornece valores de tensão em centibar ou em milímetro de mercúrio (mmHg), mas eles também podem ser dados em centímetros de água, bar ou Pascal (Pa), de acordo com as relações:

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} = 1033 \text{ cm H}_2\text{O} = 1,013 \text{ bar} = 101,3 \text{ kPa}$$

O tensiômetro com vacuômetro tem o seu emprego mais recomendado para o controle das irrigações no campo, em virtude de sua simplicidade e facilidade de operação, comparado com o tensiômetro provido de manômetro de mercúrio (AZEVEDO; SILVA, 1999).

### Interpretação das leituras

O tensiômetro mede diretamente a tensão de água e, indiretamente, a porcentagem de água do solo. Valores baixos indicam solo úmido e valores altos, solo seco. No tensiômetro, a capacidade para leituras de tensão vai até 0,8 bar (80 kPa). Com tensões maiores do que essa, entra ar nos poros da cápsula de cerâmica e o aparelho pára de funcionar. Por isso, ele avalia indiretamente somente parte da água disponível do solo. Em latossolos dos cerrados, o tensiômetro avalia 65% ou mais da água disponível (AZEVEDO et al., 1983).

Para o feijão, uma leitura de 0-0,1 bar (0-10 kPa) indica solo muito úmido para a cultura. Leituras entre 0,1 e 0,3-0,4 bar (10 a 30-40 kPa) representam condições ideais de água e arejamento do solo. À medida que as leituras ultrapassam 0,4 bar

(40 kPa), a água começa a se tornar limitante para a cultura. Esse processo é acelerado em regiões de alta demanda atmosférica.

### Instalação no campo

O tensiômetro deve ser instalado na lavoura de feijão após a emergência das plantas e depois de três a quatro irrigações, quando o solo já se encontra com teor de água suficiente para o funcionamento do aparelho.

Com o auxílio de um cano de ferro ou de um trado do diâmetro do tubo do tensiômetro, faz-se um buraco até a profundidade desejada. Em seguida, introduz-se o tensiômetro nesse buraco. O bom contato da cápsula com o solo é fundamental para obter leituras precisas. A adição de um pouco de terra solta e água no espaço entre o tensiômetro e a "parede" ajuda a melhorar esse contato. Deve-se ter o cuidado para não danificar o vacuômetro metálico ao introduzir o tensiômetro no solo.

### Posição junto às plantas e profundidades de instalação

O tensiômetro deve ser instalado entre as fileiras de feijão e em duas profundidades, uma a 15 cm e outra a 30 cm, lado a lado. A esse conjunto dá-se o nome de bateria. A profundidade é medida a partir da

metade da cápsula. A leitura do tensiômetro de 15 cm indica a tensão média da camada superficial de solo de 0-30 cm, a qual engloba a quase totalidade das raízes do feijoeiro. Esse tensiômetro é chamado tensiômetro de decisão (SAAD; LIBARDI, 1992), porque indica o momento da irrigação (quando irrigar). O tensiômetro instalado a 30 cm é chamado tensiômetro de controle. Este último indica se a irrigação está sendo bem-feita, para que não haja excesso ou falta d'água. Ao lado da bateria de tensiômetros, deve ser instalado um pluviômetro, a cerca de 1,0 m de altura. Este servirá para a coleta da água de irrigação ou da chuva e, também, como referência para a localização dos tensiômetros no campo.

### Número de baterias e locais de instalação

Devem ser instaladas três baterias de tensiômetros na área irrigada. A Figura 2 mostra o posicionamento dos tensiômetros instalados na área irrigada por pivô central.

Nos sistemas convencional e autopropelido, o tensiômetro se presta, principalmente, para o acompanhamento da tensão da água do solo e como instrumento de validação do turno de rega implantado. No pivô central, ele é o instrumento mais

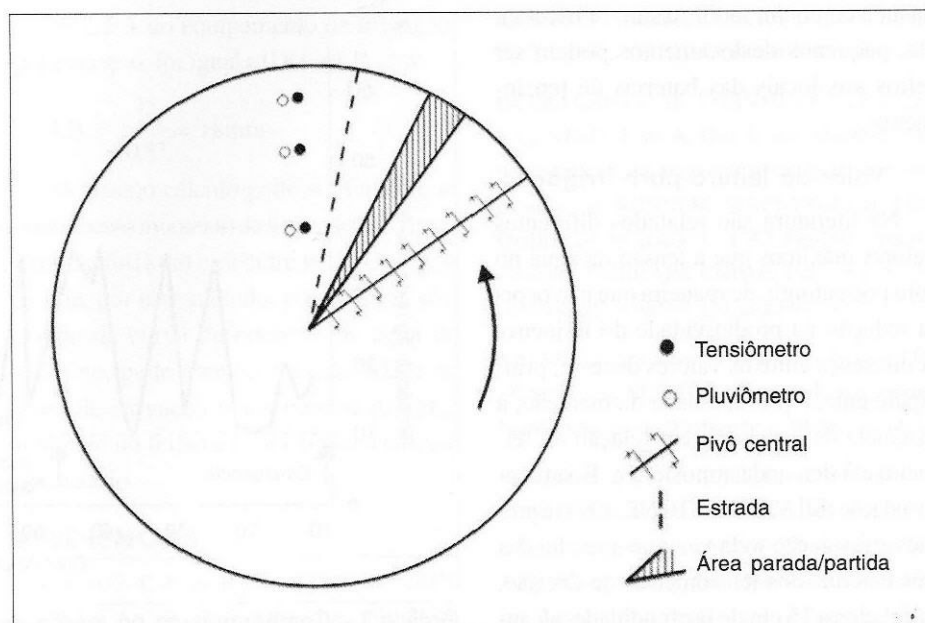


Figura 2 - Posicionamento dos tensiômetros em área irrigada por pivô central

prático para indicar o momento da irrigação. Neste sistema, as baterias devem ser instaladas a 4/10, 7/10 e 9/10 do raio do pivô, em linha reta a partir da base (SILVEIRA; STONE, 1994). Dessa forma, cada bateria representa, aproximadamente, 33,3% da área irrigada. Observa-se na Figura 2 que o pivô central, ao movimentar-se no sentido da seta, tem a posição de parada/partida sempre antes da linha dos tensiômetros. A parada nessa posição pode ser automática ou manual. Assim, os tensiômetros são os “sinaleiros”. O equipamento só é ligado, quando o “sinal” abre, ou seja, quando a média das leituras dos tensiômetros de decisão indicar o momento da irrigação.

Havendo desuniformidade de solos, os tensiômetros devem ser instalados nas áreas mais representativas do terreno, evitando-se pontos em pequenos aclives ou depressões. Um detalhe muito importante é que os tensiômetros, por serem equipamentos de leituras pontuais, devem ser instalados após a verificação da uniformidade de distribuição de água do equipamento de irrigação. Esse procedimento servirá como orientação, para que as baterias sejam instaladas em locais que recebem lâminas d'água semelhantes, evitando-se que a área de uma bateria receba mais ou menos água que a outra, o que interferiria nas leituras e não representaria a condição de umidade da área como um todo. Assim, se necessário, pequenos deslocamentos podem ser feitos nos locais das baterias de tensiômetros.

#### Valor da leitura para irrigação

Na literatura são relatados diferentes valores máximos que a tensão da água no solo pode atingir, de maneira que não ocorra redução na produtividade do feijoeiro. A diferença entre os valores deve-se, principalmente, à profundidade da medição, à distância de instalação em relação ao feijoeiro e à demanda atmosférica. Boa recomendação (SILVEIRA; STONE, 1994) é promover irrigação toda vez que a média das três baterias dos tensiômetros de decisão, instalados a 15 cm de profundidade, alcançar a faixa de 0,3-0,4 bar (30-40 kPa).

Em solos de cerrado, com baixa retenção de água, ao atingir essa faixa de tensão, já foram consumidos de 50% a 60% da água disponível, principalmente se se considerar a capacidade de campo (CC) desses solos, como o teor de água correspondente à tensão na faixa de 0,08 a 0,1 bar (8 a 10 kPa). As irrigações, com base nas leituras dos tensiômetros, devem-se iniciar 15 a 20 dias após a emergência das plantas. Logo após a semeadura, devem-se fazer irrigações mais frequentes, para manter a camada superficial do solo sempre úmida, favorecendo a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas e repondo a água na camada do solo abrangida pelo tensiômetro de decisão.

Considera-se que houve bom manejo da irrigação, quando a tensão de água no solo, durante o ciclo de vida da cultura, variar de acordo com o apresentado no Gráfico 3. Nota-se, nessa figura, que o tensiômetro de decisão não causou excesso (abaixo de 0,1 bar ou 10 kPa-CC) ou déficit (acima de 0,4 bar ou 40 kPa) de água no solo.

A irrigação deve ser suspensa, quando as folhas de feijão tornam-se amareladas pelo amadurecimento.

#### Método do tanque Classe A

Este método consiste num tanque de aço inoxidável ou galvanizado, com 121,9 cm

de diâmetro interno e 25,4 cm de profundidade e que deve ser enchido com água até 5 cm da borda superior. Na medição da evaporação da água, feita com um micrômetro de gancho ou outro instrumento, estão integrados os efeitos da radiação solar, do vento, da temperatura e da umidade relativa do ar, os quais também atuam na planta. Entretanto, pelo fato de os processos de evaporação da água livre no tanque (ECA) e de a evapotranspiração máxima da cultura (ETM) serem semelhantes apenas nos seus aspectos físicos, devem ser considerados dois coeficientes: coeficiente do tanque Classe A (Kp), e coeficiente da cultura (Kc). Para converter ECA em ETM, empregue esta equação:

$$ETM = ECA \times Kp \times Kc$$

Portanto, o “quando irrigar” ocorrerá assim que a soma dos valores de evaporação de tanque, multiplicada pelos coeficientes, alcançar o valor da lâmina líquida de irrigação, previamente determinada, a ser aplicada à cultura.

As avaliações dos coeficientes Kp e Kc constituem a principal dificuldade do uso do método do tanque. Valores para Kp podem ser obtidos no trabalho de Doorenbos e Kassam (1979).

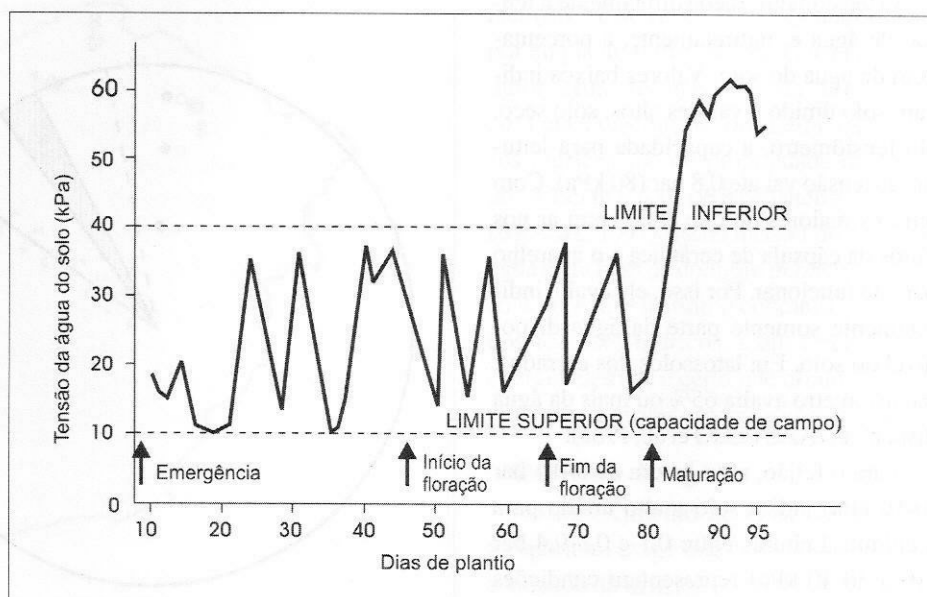


Gráfico 3 - Comportamento da tensão de água do solo durante o ciclo de vida do feijoeiro

## Quanto irrigar

### Método da curva de retenção de água no solo

A curva de retenção relaciona o teor ou o conteúdo de água do solo com a força (tensão) com que ela está retida nele (Gráfico 4). Ela é determinada em laboratório, preferencialmente com amostras indeformadas, coletadas em anéis apropriados, submetidas a diferentes tensões, com o auxílio de placas porosas, em câmaras de pressão. Obtém-se a curva relacionando o teor de água do solo com diversas tensões, como: 0,1; 0,3; 0,6; 1,0; 3,0 e 15 bar (10; 30; 60; 100; 300 e 1500 kPa).

A avaliação da curva de retenção permite uma estimativa rápida da disponibilidade de água no solo para as plantas, em determinada profundidade de solo. Assim, pode-se determinar a quantidade máxima de armazenamento de água (capacidade de campo), o armazenamento mínimo (ponto de murchamento) e o armazenamento em qualquer ponto da curva.

### Cálculo da lâmina de irrigação

A quantidade de água ou lâmina líquida de irrigação (LL), utilizando-se a curva de retenção, é o resultado da diferença entre a quantidade máxima de água (CC) e a quantidade de água existente no solo na tensão para reinício da irrigação (MI), multiplicado pela espessura da camada de solo considerada (PC). Assim:

$$LL = (CC - MI) \times PC$$

Na realidade, a lâmina d'água a ser aplicada nada mais é do que o déficit de água existente no solo no momento de reiniciar a irrigação. No Gráfico 4, a quantidade máxima de água no solo (CC) ocorre na tensão de 10 kPa, que corresponde a 0,28 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>. A quantidade de água no momento da irrigação (MI), considerada, no caso, igual a 0,3 bar (30 kPa), é igual a 0,23 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>.

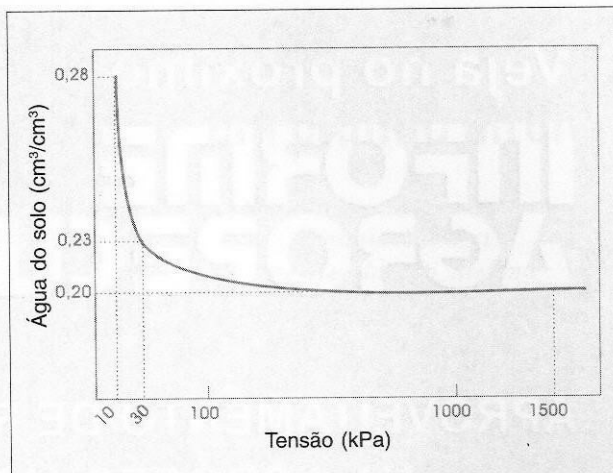


Gráfico 4 - Curva de retenção de água no solo

Utilizando-se do Gráfico 4 para exemplificar o cálculo da LL, para uma camada de solo de 0-30 cm de profundidade (PC), tem-se:

$$LL = (0,28 - 0,23) \times 30 \text{ cm} = 1,5 \text{ cm} = 15 \text{ mm}$$

Logo, toda vez que a média dos tensiômetros de decisão atingir 0,3 bar (30 kPa), a LL será de 15 mm.

A lâmina bruta de irrigação (LB) será dada pela equação:

$$LB = \frac{LL}{EA}$$

em que:

EA = eficiência de aplicação de água do equipamento = CUD.

Se a EA do equipamento de irrigação, por exemplo, for igual a 0,83, a LB será:

$$LB = \frac{15}{0,83} = 18 \text{ mm}$$

O mesmo cálculo pode ser feito, se se considerar o momento de irrigação (MI) igual a 0,4 bar (40 kPa) ou a outro valor. Observa-se que, por esse método, o agricultor, dispondo da curva de retenção de água do seu solo, pode conhecer a quantidade de água de irrigação antes mesmo de fazer o plantio do feijão e esse é o único cálculo necessário.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, C.A. de B.; REZENDE, R.; GONÇALVES, A.C.A.; FRIZZONE, J.A.; FREITAS, P.S.L. de; BERTONHA, A. Variáveis de produção

da cultivar de feijão Iapar 57 em função da uniformidade de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: UFV, 2002. p.441-444.

AZEVEDO, J.A. de; SILVA, E.M. da. **Tensiômetro**: dispositivo prático para controle da irrigação. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1999. 39p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 1).

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. RESENDE, M.; GUERRA, A.F. **Aspectos sobre manejo da irrigação por aspersão para o cerrado**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1983. 53p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 16).

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa, MG: UFV, 1989. 596p.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 9 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 2004.

CEMIG. **Estudo de otimização energética**: setor irrigação – pivô-central. Belo Horizonte, 1993. 22p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efectos del agua en el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212p. (FAO. Riego & Drenage, 33).

GUIMARÃES, C.M.; STEINMETZ, S.; PORTES E CASTRO, T. de A. Uso de microlisímetros na determinação da evapotranspiração do feijoeiro da seca. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. *Anais...* Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1982. p.133-137. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 1).

KELLER, J. Sprinkler irrigation. In: SOIL CONSERVATION SOCIETY. **National engineering handbook**. 2.ed. Washington, 1979. cap.11.

MACK, H. J.; VARSEVELD, G. H. Response of bush snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to irrigation and plant density. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.107, n.2, p.286-290, Mar. 1982.



MOREIRA, J.A.A. **Estudo da tensão da água do solo para as culturas do feijão, milho e trigo, cultivados em plantio direto, visando a irrigação por aspersão.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 6p. (Embrapa. Programa Recursos Naturais. Sub-projeto 01094337-18). Relatório de Andamento.

OLITTA, A.F.L. **Os métodos de irrigação.** São Paulo: Nobel, 1982. 267p.

SAAD, A.M.; LIBARDI, P.L. **Uso prático do tensiômetro pelo agricultor irrigante.** São Paulo: IPT, 1992. 27p.

SCALOPPI, E.J. Características dos principais sistemas de irrigação. **ITEM. Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n.25, p.22-27, 1986.

SILVEIRA, P.M. da; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo e lâminas de água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.1, p.63-67, jan./abr. 1990.

\_\_\_\_\_; STONE, L.F. **Manejo da irrigação do feijoeiro:** uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF/Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 46p. (EMBRAPA-CNPAF. Circular Técnica, 27).

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. SILVA, J.G. da. Manejo da água de irrigação. In: SILVEIRA, P.M. da; STONE, L.F. (Ed.). **Irrigação do feijoeiro.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. p.139-169.

STEINMETZ, S. **Evapotranspiração máxima no cultivo do feijão de inverno.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 4p. (EMBRAPA-CNPAF. Pesquisa em Andamento, 47).

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**, Brasília, v.35, n.4, p.835-841, abr. 2000.

\_\_\_\_\_; SILVA, S.C. da. **Uso do tanque Classe A no controle da irrigação do feijoeiro no sistema plantio direto.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. Não paginado. (Embrapa Arroz e Feijão. Pesquisa em Foco, 25).

\_\_\_\_\_; SILVEIRA, P.M. da. **Determinação da evapotranspiração para fins de irrigação.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1995. 49p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 55).

Veja no próximo

# INFORME AGROPECUÁRIO

## APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA AGROPECUÁRIA

- Efeitos benéficos da matéria orgânica
- Impactos ambientais da deposição de lixo e resíduos
- Tratamento de resíduos sólidos
- Tecnologias para tratamento de resíduos
- Fossa séptica



**Leia e Assine o INFORME AGROPECUÁRIO**

**(31) 3488-6688**

**sac@epamig.br**