

A CULTURA DO FEIJÃO CAUPI NO MEIO-NORTE DO BRASIL

Organização de:
Milton José Cardoso



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte
Ministério da Agricultura e do Abastecimento .*

*Teresina, PI.
2000*

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Meio-Norte

Av. Duque de Caxias, 5650

Telefone: (86) 225-1141

Fax: (86) 225-1142. E-mail: publ@cpamn.embrapa.br.

Caixa Postal 01

CEP 64006-220 Teresina, PI

Tiragem: 2.000 exemplares

Comitê de Publicações:

Valdomiro Aurélio Barbosa de Souza - Presidente

Eliana Candeira Valois - Secretária

José de Arimatéia Duarte de Freitas

Rosa Maria Cardoso Mota de Alcantara

José Alcimar Leal

Francisco de Brito Melo

Tratamento Editorial:

Lígia Maria Rolim Bandeira

Diagramação Eletrônica:

Erlândio Santos de Resende

Fotolito e Impressão

GRAFISSET - Gráfica e Editora Rêgo Ltda

Av. Teresina, 280 • Parque Piauí • Timon-MA

Fone: (86) 212 2177 • Fax: (86) 212 3353

CARDOSO, M.J. (Org.). **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil.** Teresina:Embrapa Meio-Norte, 2000. 264 p. il. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28).

1. Feijão caupi - cultivo. I. Embrapa Meio-Norte Teresina (PI). II. Título. III. Série.

CDD: 635.6592

IRRIGAÇÃO

Aderson Soares de Andrade Júnior¹
Braz Henrique Nunes Rodrigues²
Edson Alves Bastos³

Introdução

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma leguminosa rica em proteína, com capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e de se adaptar a diferentes tipos de solos. É um alimento básico para as populações rural e urbana, sendo seu cultivo amplamente distribuído no Piauí e em outros estados do Norte e Nordeste do Brasil (Cardoso et al., 1991). É tradicionalmente cultivado pelos pequenos produtores, em sequeiro, verificando-se, ultimamente, uma expansão de área com a cultura em cultivos comerciais sob condição de irrigação.

Alguns estudos envolvendo irrigação de feijão caupi foram desenvolvidos na região Nordeste (Lima, 1996; Silva & Aragão Júnior, 1996; Gondim et al., 1998; Gomes Filho & Tahin, 1998; Santos et al., 1998; Cordeiro et al., 1998). Entretanto, os resultados obtidos ainda não são conclusivos, pois, em estudos sobre manejo de irrigação, os parâmetros analisados podem ser influenciados pelas cultivares e condições edafoclimáticas. No Estado do Piauí, a Embrapa Meio-Norte tem coordenado um subprojeto visando analisar a influência de níveis de irrigação sobre o crescimento e a produtividade de grãos verdes e secos de feijão caupi.

Nesse capítulo, serão abordados aspectos técnicos relativos aos sistemas de irrigação por aspersão convencional e os fundamentos básicos do manejo da irrigação com o feijão caupi. Também serão enfocados os efeitos da irrigação sobre a produção e seus componentes e à viabilidade econômica da irrigação da cultura.

Sistemas de irrigação

Nas áreas irrigadas de feijão caupi, no Nordeste, o suprimento hídrico necessário para um adequado desenvolvimento e produção dessa leguminosa é, na sua maioria, efetuado por sistemas de aspersão convencional. Aspectos técnicos deste sistema como: a dis-

¹Eng. Agr., Doutorando ESALQ/USP. Embrapa Meio-Norte
E-mail: asandrad@carpa.ciaagri.usp.br

²Eng. Agri., M.Sc., pesquisador da Área de Irrigação e Drenagem. Embrapa Meio-Norte

³Eng. Agr., D.Sc., pesquisador da Área de Irrigação e Drenagem/Fitotecnia. Embrapa Meio-Norte

posição das linhas laterais e dos aspersores no campo e a uniformidade de aplicação de água, serão abordados a seguir.

▪ Características gerais dos sistemas de irrigação por aspersão convencional

A irrigação por aspersão é um método de aplicação de água às plantas em forma de uma chuva artificial, a qual é proporcionada pela passagem da água, sob pressão, em dispositivos especiais denominados aspersores.

Os sistemas de aspersão convencionais são constituídos, em geral, por aspersores de baixa e média pressão (20 a 40 m.c.a), com espaçamentos compreendidos entre 6 e 36 metros, instalados sobre tubos dotados de uniões e engates rápidos. São os mais empregados, e os mais adequados para diferentes culturas, solos e topografias. Além disso, quando portáteis ou semiportáteis, exigem os menores custos de implantação e permitem maior flexibilidade de manejo. São classificados, segundo a forma de instalação e manejo das tubulações e aspersores, em *portáteis*, *semiportáteis* e *fixos* (Gomes, 1994):

- **Sistemas Portáteis:** São aqueles cujas tubulações de distribuição (linhas principais secundárias) e linhas laterais com seus aspersores são instaladas sobre o terreno, sendo transportadas para as várias posições dentro da área (Fig. 1). O tempo para deslocamento das linhas laterais, de uma posição para outra, pode variar dependendo dos comprimentos das linhas. As mudanças das linhas laterais tornam-se mais difíceis quando a cultura possui porte elevado e o terreno é argiloso.

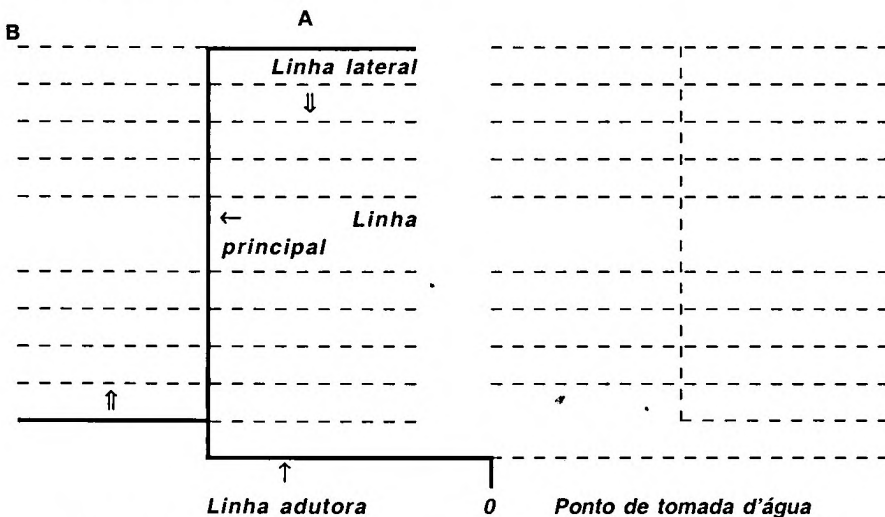


FIG. 1. Sistema de aspersão convencional portátil.

• **Sistemas Semiportáteis** : São considerados uma variação dos sistemas portáteis. Nesses, as tubulações de distribuição são fixas e as linhas laterais, com seus aspersores, são transportáveis (Fig. 2). Geralmente, as tubulações de distribuição (linhas principais e secundárias) são enterradas no solo. Os sistemas portáteis e os semiportáteis requerem menor custo de investimento. No entanto, necessitam de maior quantidade de mão-de-obra para serem manejados. Para contornar essa limitação, é aconselhável o uso de linhas laterais de espera.

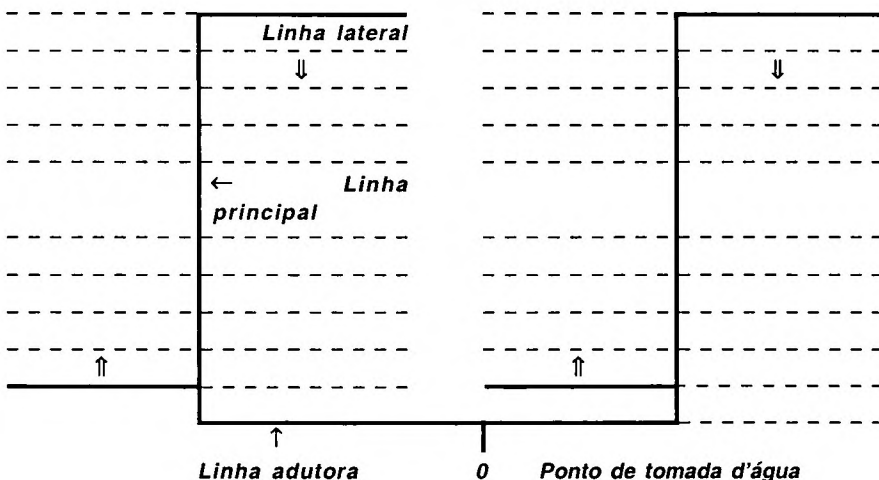


FIG. 2. Sistema de aspersão semiportátil.

• **Sistemas Fixos ou Permanentes**: São aqueles cujas tubulações de distribuição e as linhas laterais cobrem toda a superfície da parcela a ser irrigada (Fig. 3). As tubulações de distribuição e as linhas laterais podem ser enterradas, no caso de uma irrigação permanente, ou dispostas sobre a superfície do solo, no caso de uma irrigação temporária. Apresentam vantagens quando os deslocamentos manuais das linhas laterais podem prejudicar o desenvolvimento de algumas culturas, ou quando o custo do sistema portátil (ou semiportátil) adicionado ao custo da mão-de-obra necessária para o manejo da irrigação for superior ao custo de aquisição do sistema fixo. Além disso, os sistemas fixos com as tubulações enterradas possuem uma vida útil maior do que os sistemas com as tubulações portáteis.

Como alternativa para amenizar o elevado custo em sistemas fixos, pode-se utilizar uma variação desse sistema, onde os tubos de subida com os aspersores são acoplados às linhas laterais por meio de válvulas automáticas, sem ocorrer a necessidade de interromper a circulação de água no sistema. Nesse caso, a área é irrigada por faixas paralelas à linha de distribuição do sistema (linha principal ou linha de derivação). Essa opção é mais racional pois as linhas laterais são dimensionadas com diâmetros pequenos e/ou com maiores comprimentos, já que transportam vazões menores do que as que seriam necessárias para o abastecimento de diversos aspersores por linha.

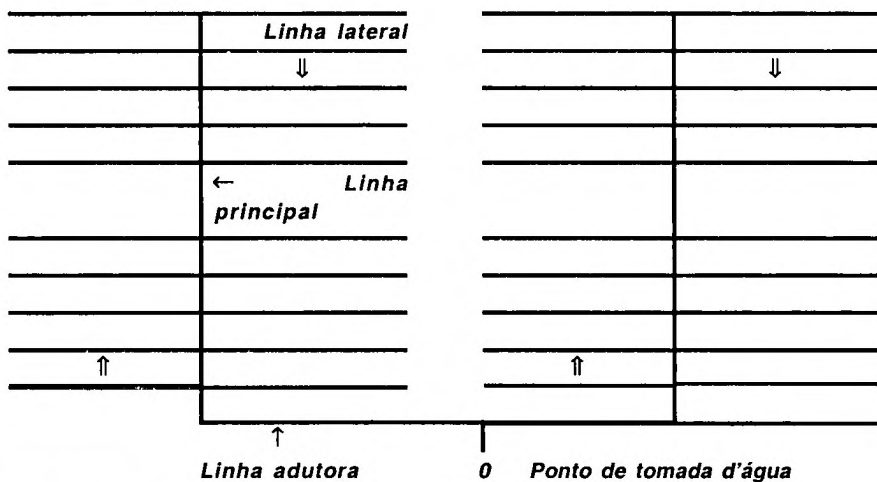


FIG. 3. Sistema de aspersão convencional fixo.

▪ Distribuição dos aspersores nos sistemas convencionais

Os aspersores operando individualmente, com uma pressão adequada e sem interferência de ventos, apresentam um perfil de distribuição de água onde a precipitação é decrescente no sentido do eixo do aspersor em relação à periferia da área molhada. Por isso, para se conseguir uma boa uniformidade de irrigação é de fundamental importância que ocorra uma adequada superposição das áreas molhadas pelos aspersores (Fig. 4).

Segundo Gomes (1994), os aspersores são dispostos de três formas distintas sobre as linhas laterais (Fig. 5):

- **Disposição quadrada:** os aspersores ocupam os vértices de um quadrado, sendo iguais as distâncias entre as linhas laterais e entre os aspersores ao longo da linha lateral.

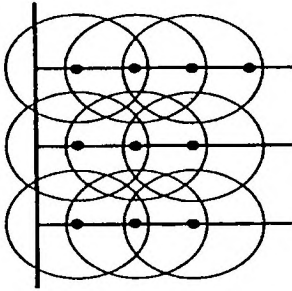


FIG. 4. Superposição de áreas por aspersores espaçados $S_1 \times S_2$.

Fonte: Gomes (1994)

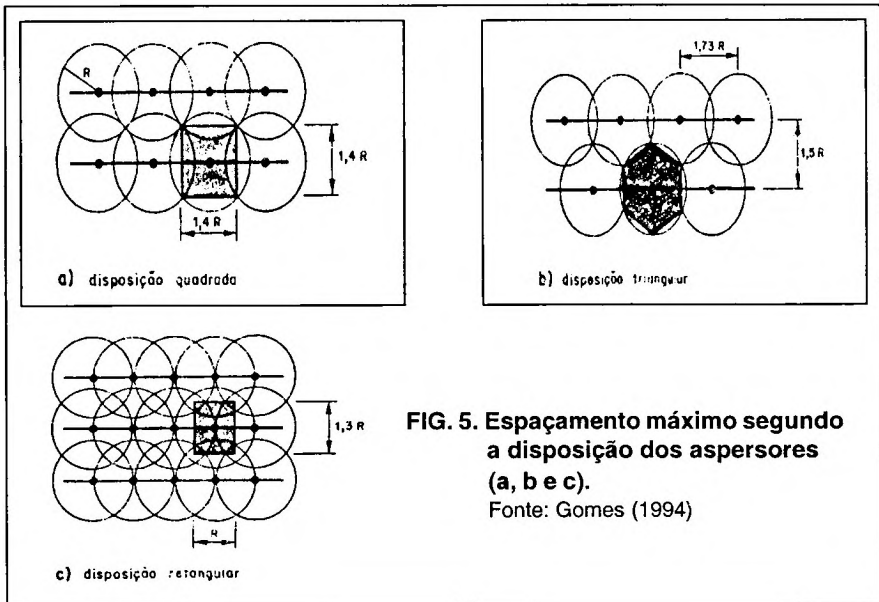


FIG. 5. Espaçamento máximo segundo a disposição dos aspersores (a, b e c).

Fonte: Gomes (1994)

• **Disposição triangular:** os aspersores ocupam os vértices de triângulos equiláteros. Não é muito utilizada nos sistemas portáteis devido às dificuldades para os deslocamentos das linhas laterais.

• **Disposição retangular:** os aspersores ocupam os vértices de um retângulo, sendo que a distância maior corresponde ao espaçamento entre as linhas laterais e a menor ao espaçamento entre os aspersores ao longo da linha lateral. Nos sistemas fixos, essa disposição visa reduzir o número ou a quantidade de tubulações dentro da área, enquanto que nos sistemas portáteis, objetiva reduzir o número de posições das linhas laterais.

Levando-se em consideração apenas o aspecto econômico, seria mais conveniente que os espaçamentos entre as linhas laterais e os aspersores fossem os maiores possíveis, de forma a reduzir o número de tubulações, de aspersores e de peças de conexão no sistema de irrigação. Entretanto, a utilização de espaçamentos maiores reduzem a uniformidade de distribuição de água sobre o solo. Na Tabela 1, são apresentados valores das distâncias máximas recomendadas entre aspersores e entre as linhas laterais para melhorar a uniformidade de distribuição de água nos aspersores.

TABELA 1. Distâncias máximas recomendadas entre aspersores e linhas laterais conforme sua disposição no campo.

Disposição dos Aspersores	Distância entre aspersores (m)	Distância entre linhas laterais (m)
<i>Quadrada</i>	$\sqrt{2} R$	$\sqrt{2} R$
<i>Triangular</i>	$\sqrt{3} R$	1,5 R
<i>Retangular</i>	R	1,3 R

Fonte: Lozano* citado por Gomes (1994); R = raio de alcance do aspersor.

Qual seria a melhor disposição dos aspersores no campo ? Com base na comparação entre a superfície unitária teórica, que expressa a razão entre a superfície molhada em função da disposição dos aspersores (S_t) e a superfície molhada por cada aspersor individualmente ($S_m = \pi R^2$), tem-se que:

a) *Disposição quadrada:* $\frac{S_t}{S_m} = \frac{2R^2}{\pi R^2} \cong 64 \%$

b) *Disposição triangular:* $\frac{S_t}{S_m} = \frac{1,5R^2\sqrt{3}}{\pi R^2} \cong 83 \%$

c) *Disposição retangular:* $\frac{S_t}{S_m} = \frac{1,3R^2}{\pi R^2} \cong 41 \%$

*LOZANO, F.G. Normas y instrucciones sobre el riego por aspersión. INIA, 1965.

Verifica-se que, a disposição triangular é melhor do que a disposição em quadrado, e esta por sua vez é melhor do que a disposição em retângulo. Além disso, devido às suas simetrias geométricas as disposições em triângulo e em quadrado são mais favoráveis em termos de uniformidade de irrigação do que a disposição em retângulo.

Em áreas com ventos moderados a fortes, para se manter uma uniformidade de irrigação adequada, recomenda-se:

- reduzir o espaçamento entre aspersores e entre linhas laterais, conforme sugerido na Tabela 2;
- evitar o uso de aspersores com alto grau de pulverização e que lancem o jato de água a grandes alturas;
- posicionar as linhas laterais na direção perpendicular à direção dominante do vento;
- irrigar à noite quando, em geral, a velocidade do vento é menor.

TABELA 2. Distâncias máximas recomendadas entre aspersores e linhas laterais segundo a velocidade do vento.

Velocidade do vento (km/h)	Distância entre aspersores (m)	Distância entre linhas laterais (m)
8 – 11	0,8 R	1,3 R
11 – 16	0,8 R	1,2 R
> 16	0,6 R	R

Fonte: Garcia⁵ citado por Gomes (1994)

Sempre que possível, devem-se utilizar sistemas de irrigação com aspersores de baixa (20 m.c.a) e média (20 a 40 m.c.a) pressão, associados a espaçamentos pequenos entre aspersores e entre as linhas laterais (12 m x 12 m, 12 m x 18 m e 18 m x 18 m). Isso proporciona uma boa uniformidade de distribuição de água, com pequenas pressões de operação para os aspersores, o que reduz o requerimento de energia para o sistema. Entretanto, essa recomendação origina um maior custo de investimento com o equipamento e exige maior quantidade de mão-de-obra para o manejo das linhas laterais. Apesar disso, esta opção pode ser compensatória já que a melhoria da qualidade da irrigação proporciona a obtenção de maiores produtividades.

⁵GARCIA, J. L. Riego por aspersion. Madrid: Centro de Estudios Hidrográficos, CEDEX/MOPU. 1989.

▪ Uniformidade da irrigação por aspersão

A uniformidade da irrigação por aspersão expressa um índice que define a qualidade da irrigação com interferência direta no rendimento das culturas. Refere-se à igualdade de distribuição da precipitação dos aspersores sobre o solo. Se a uniformidade da irrigação é baixa significa que algumas áreas recebem menos água e outras mais água que a quantidade necessária, causando prejuízos para o desenvolvimento normal das plantas e acarretando encharcamentos, erosão, perdas de água por percolação e lavagem de nutrientes.

As principais variáveis que influenciam na determinação do grau de uniformidade da precipitação são a pressão de operação, os diâmetros dos bocais dos aspersores, o espaçamento entre os aspersores e a velocidade do vento (Gomes, 1994). Na Fig. 6, pode ser observado o efeito do espaçamento entre aspersores e da velocidade do vento sobre a uniformidade da distribuição de água dos aspersores.

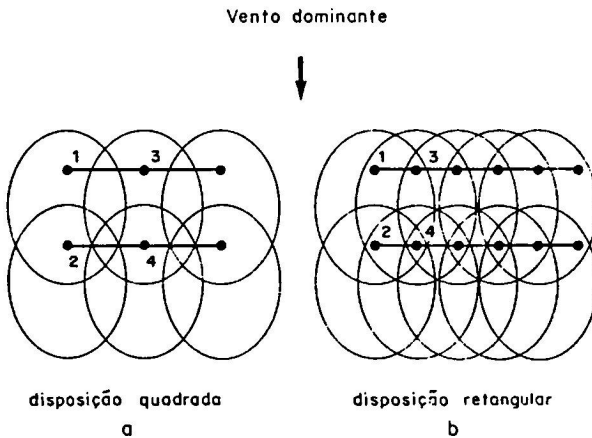


FIG. 6. Formas das áreas molhadas pelos aspersores em disposição quadrada e retangular sujeitas a ventos dominantes.

Fonte: Gomes (1994)

O grau da uniformidade da distribuição de água é avaliado por diversos métodos. Dentre eles, o mais conhecido e utilizado é o método proposto por Christiansen (1942). Por esse método, o coeficiente de uniformidade (CUC) é obtido em ensaios de campo, distribuindo-se pluviômetros em espaçamentos iguais dentro da área atendida pelos aspersores (Fig. 7). Recomenda-se que cada ensaio

tenha a duração de pelo menos metade do tempo previsto para a aplicação da lâmina de irrigação no campo.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) é obtido pela seguinte expressão:

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum |X_i - \bar{X}|}{n\bar{X}} \right) \quad (1)$$

Em que:

X_i = precipitação coletada no i -ésimo pluviômetro

\bar{X} = precipitação média dos pluviômetros

n = número de pluviômetros

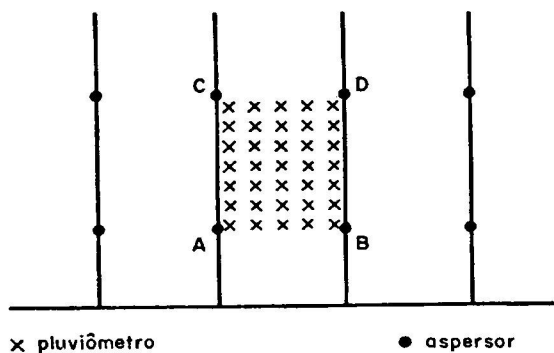


FIG. 7. Disposição dos coletores para a obtenção do grau de uniformidade da irrigação por aspersão convencional.

Fonte: Gomes (1994)

Segundo Frizzone (1992), de uma maneira geral, em sistemas de irrigação por aspersão convencional é aceitável, no mínimo, um valor de CUC de 80%. Admite-se valores menores do que 80% se a precipitação pluvial apresentar um valor significativo durante a estação de cultivo (Frizzone, 1992; Gomes, 1994).

Por outro lado, existem estudos de determinação do CUC abaixo da superfície do solo. Rézende & Freitas (1996), analisando a influência do espaçamento entre aspersores sobre a distribuição de água acima e abaixo da superfície do solo em um sistema de irrigação por aspersão convencional, verificaram que os valores de CUC determinados abaixo da superfície do solo (95,44% e 92,5%) foram

superiores aos determinados acima da superfície do solo (88,23% e 74,83%) para os espaçamentos de 12 x 12 e 18 x 18 m, respectivamente. Verifica-se, portanto, que a exigência de um CUC mínimo de 80 %, obtido nos ensaios de campo convencionais, é questionável em função da redistribuição da água no solo.

Coelho et al. (1992) trabalhando em condições climáticas dos tabuleiros litorâneos do Nordeste, concluíram que o espaçamento 12 x 12 m para os bocais 4,5 x 5,5 mm e 5,0 x 6,5 mm foi o que apresentou maiores valores de uniformidade (acima de 75%), associado aos valores mais adequados de intensidade de precipitação para valores de velocidade do vento de até 21,6 km/h. O espaçamento 18 x 18 m para os bocais 6,0 x 8,5 mm foi o mais adequado para as mesmas condições de velocidades do vento.

Manejo da irrigação

É de fundamental importância efetuar-se um manejo racional da irrigação, com a finalidade de obter-se a máxima produção por unidade de água aplicada. Um manejo eficiente da água de irrigação pressupõe controlar a variação do teor de água no solo durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, de tal forma a determinar o momento da irrigação e a quantidade de água a ser aplicada.

Existem vários métodos para se efetuar o manejo da irrigação em uma cultura. Os mais comuns são os baseados no turno de irrigação calculado, no balanço de água no solo e na tensão de água no solo. O primeiro é pouco criterioso e os dois últimos são mais eficientes e racionais, além de relativamente práticos (Marouelli et al., 1994).

▪ Método do balanço de água no solo

Esse método consiste em realizar um balanço diário da água disponível no solo levando-se em consideração a precipitação pluviométrica local e a evapotranspiração da cultura. Por esse método, a irrigação deve ser realizada a todo momento em que a disponibilidade de água no solo estiver reduzida a um valor mínimo que não prejudique o desempenho da cultura, obedecendo a seguinte relação (Marouelli et al., 1986; Andrade Júnior, 1992):

$$\sum_{i=1}^n (ETc_i - Pe_i) \geq LRD \quad (2)$$

Em que:

- n = número de dias entre duas irrigações consecutivas
- ETc = evapotranspiração da cultura (mm/dia)
- Pe = precipitação efetiva (mm/dia)
- LRD = lâmina de água real disponível no solo (mm)

A evapotranspiração da cultura (ETc) é estimada pelo método do tanque Classe A, que permite o seu cálculo diário e possibilita a obtenção de resultados satisfatórios, utilizando-se a seguinte expressão:

$$ETc = ECA \times Kp \times Kc \quad (3)$$

Em que:

- ETc = evapotranspiração da cultura (mm)
- ECA = evaporação diária do Tanque Classe A (mm)
- Kp = coeficiente do tanque (adimensional)
- Kc = coeficiente de cultura (adimensional)

O coeficiente do tanque Classe A (Kp) é utilizado para efetuar um ajuste das leituras da evaporação devido à absorção da radiação pelas paredes do tanque e à reflexão da radiação solar da superfície com água. Esse coeficiente depende da velocidade do vento, da umidade relativa do ar e das condições de exposição do tanque em relação ao meio circundante. É um valor tabelado e facilmente encontrado na literatura (Bernardo, 1989; Doorenbos & Pruitt, 1997).

O coeficiente de cultura (Kc) é um índice que representa a necessidade hídrica da planta, sendo variável ao longo de seu ciclo de desenvolvimento. É obtido pela relação entre a evapotranspiração máxima da cultura (ETM) e a evapotranspiração de referência (ETo). É preferível que se utilize coeficientes determinados experimentalmente para cada região.

Para o manejo da irrigação do feijão caupi nas áreas experimentais da Embrapa Meio-Norte, nos Municípios de Parnaíba e Teresina, tem-se utilizado os coeficientes de cultura (Kc) apresentados na Tabela 3, com a obtenção de elevada produtividade de grãos. Os valores de Kc utilizados em Teresina foram ajustados a partir dos valores de Kc's sugeridos na literatura para a cultura de feijão comum. Em Parnaíba, os mesmos foram determinados para uma cultura de feijão caupi, em condições de campo, por Andrade et al. (1993).

TABELA 3. Valores de coeficiente de cultivo para o feijão caupi, em diferentes fases do ciclo, utilizados nas áreas experimentais da Embrapa Meio-Norte, nos Municípios de Teresina e Parnaíba (PI).

Fases do ciclo (dias)	Teresina*	Parnaíba*
0 – 15	0,5	0,7
16 – 44	0,8	0,75 - 1,12
45 – 57	1,05	1,12 - 0,80
58 – 65	0,75	0,7
<i>Lâmina de irrigação (mm)</i>	430,9	415,8
<i>Produtividade (kg/ha)</i>	2.220	2.130

* A cultura foi irrigada após as duas primeiras colheitas proporcionando uma 3ª colheita.

A lâmina de água real disponível no solo (LRD) é calculada utilizando-se a equação apresentada a seguir. Nesta equação, a umidade de irrigação (UI) deve ser estimada com base na tensão de água no solo recomendada para a cultura de interesse e na curva de retenção de água no solo (Fig. 8). Essa curva pode ser determinada em laboratório, utilizando-se extratores de membrana (Klar, 1991).

$$LRD = \frac{CC - UI}{10} \times Da \times Z \quad (4)$$

Em que:

CC = umidade correspondente à capacidade de campo (% em peso seco)

UI = umidade de irrigação (% em peso seco)

Da = densidade do solo (g/cm³)

Z = profundidade efetiva do sistema radicular da cultura (cm)

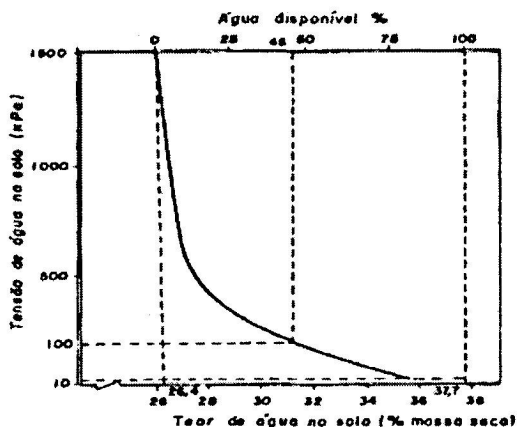


FIG. 8. Curva característica de água no solo.

Fonte: Marouelli et al. (1994)

Segundo Dourado-Neto & Fancelli (1999), para se ter maior representatividade da curva de retenção, os seguintes valores de tensão devem ser contemplados: 0,5 kPa, 1 kPa, 2 kPa (para maior detalhamento da faixa úmida do solo, visando um melhor ajuste na análise de regressão); 6 kPa, 10 kPa, 30 kPa (um dos critérios para definir a “capacidade de campo”), 80 kPa (limite prático para funcionamento do tensiômetro) e 1.500 kPa (critério usual para definição do “ponto de murchamento permanente”). Genuchten (1980) propôs uma equação para o ajuste da curva de retenção de forma a possibilitar a determinação da umidade correspondente à qualquer tensão.

Em relação à profundidade do sistema radicular, Silveira & Stone (1994) comentam que, a quase totalidade das raízes do feijoeiro está compreendida em uma camada de solo de 0 a 30 cm de profundidade. No manejo da irrigação em experimentos com feijão caupi, em Teresina, tem-se adotado uma profundidade efetiva de raízes de 20 cm, sem que a cultura tenha apresentado problemas de déficit hídrico. Da mesma forma, para as condições de solo arenoso dos Tabuleiros Costeiros de Parnaíba, Nogueira & Nogueira (1995) observaram uma concentração de aproximadamente 80% das raízes de feijão caupi nos primeiros 20 cm de profundidade do solo.

Recomenda-se efetuar um monitoramento do teor de água no solo durante o desenvolvimento da cultura, coletando-se amostras de solo representativas da área irrigada e utilizando-se o método gravimétrico direto para, então, definir-se com maior precisão o

momento da irrigação, a partir da aferição da umidade de irrigação (UI). O método padrão da estufa, entretanto, apresenta uma limitação para o monitoramento da umidade do solo para fins de irrigação pois requer um tempo de secagem longo (48 horas). Como alternativa, Andrade Júnior et al. (1996) recomendam a utilização do forno microondas, que possibilita a determinação do conteúdo de água em amostras de solo em um tempo máximo de 25 minutos (Fig. 9).

O teor de água no solo também pode ser monitorado por outros instrumentos como a sonda de nêutrons e TDR. Estes equipamentos, no entanto, são de elevado custo, exige uma rigorosa calibração e cuidados em sua manipulação, restringindo seu uso apenas em áreas de pesquisa.

Ao se definir o momento da irrigação, a quantidade de água a ser aplicada é obtida pelo somatório da diferença entre a evapotranspiração e a precipitação efetiva ocorrida desde a última irrigação (Tabela 4). Para as condições climáticas do Estado do Piauí, onde praticamente não chove durante a estação seca, a precipitação efetiva pode ser desprezada do balanço. No entanto, esse procedimento não se aplica quando é necessário efetuar-se irrigação suplementar durante a estação chuvosa.

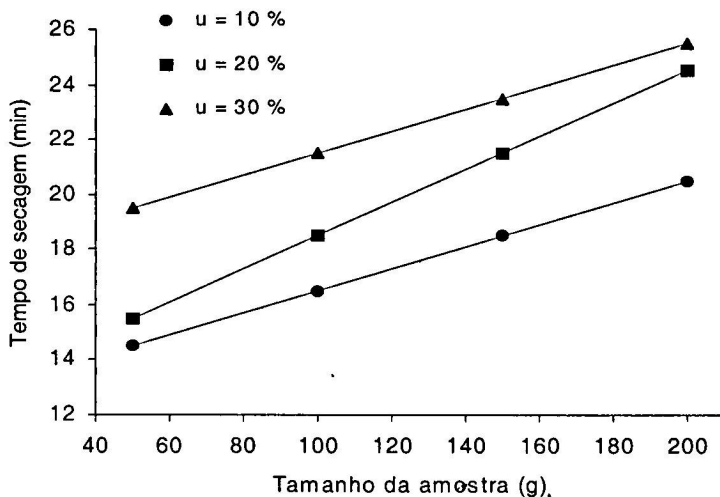


FIG. 9. Tempo de secagem em forno microondas de amostras de solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo.

TABELA 4. Manejo da irrigação pelo método do balanço de água no solo.

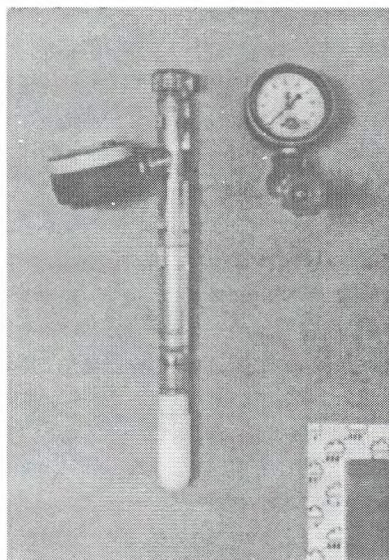
Data	ECA (mm/dia)	Kp	Kc	ETc (mm/dia)	Pe (mm/dia)	$\Sigma(ETc - Pe)$ (mm)	Irrigação (?)	IRN (mm)
5,7	0,60	1,05	3,25	0,0	23,50	Sim	23,50	
05.10	8,5	0,60	1,05	5,35	0,0	5,35	Não	-
06.10	9,3	0,60	1,05	5,30	0,0	10,65	Não	-
07.10	8,5	0,60	1,05	5,35	0,0	16,00	Não	-
08.10	8,9	0,60	1,05	5,07	0,0	21,07	Não	-
09.10	10,0	0,60	1,05	6,30	0,0	27,37	Sim	27,37
10.10	8,5	0,60	1,05	5,35	0,0	5,35	Não	-
11.10	8,4	0,60	1,05	4,79	0,0	10,14	Não	-
12.10	8,0	0,60	1,05	5,04	0,0	15,18	Não	-
13.10	6,0	0,60	1,05	4,09	0,0	19,27	Não	-
14.10	7,0	0,60	1,05	4,41	0,0	23,68	Sim	23,68

Irrigar quando $\Sigma(ETc - Pe) \geq 22,27$ mm

▪ Método da tensão de água no solo

O manejo da irrigação, baseado na tensão de água no solo, constitui-se em um dos métodos mais indicados por causa s possibilidades que oferece de extrapolação de dados, pela estreita relação que demonstra com os índices de produtividade e pela fácil disponibilidade no comércio de instrumentos para registro da tensão de água no solo (Silva et al., 1998).

Por este método, a irrigação é realizada quando a tensão de água no solo atingir um valor máximo que não prejudique o desenvolvimento e a produção da cultura. O controle da tensão é geralmente efetuado com o auxílio de tensiômetros com vacuômetro metálico ou com vacuômetro de mercúrio (Fig. 10), para valores de tensão de até -70 kPa.



O tensiômetro é um aparelho constituído de uma cápsula de cerâmica porosa, ligada por um tubo de PVC a um manômetro metálico ou de mercúrio, onde é efetuada a leitura da tensão de água no solo.

Quando se utiliza o tensiômetro com vacuômetro metálico, a leitura do valor da tensão é realizada diretamente no vacuômetro. Quando se utiliza o tensiômetro de mercúrio, o valor da tensão de água no solo é calculada pela seguinte equação:

$$T_s = \frac{12,6H - h_1 - h_2}{10,2}$$

Onde:

T_s = tensão de água no solo (kPa)

H = leitura da coluna de mercúrio (cm)

h_1 = altura do nível de mercúrio na cuba em relação ao solo (cm)

h_2 = profundidade de instalação do tensiômetro (cm)

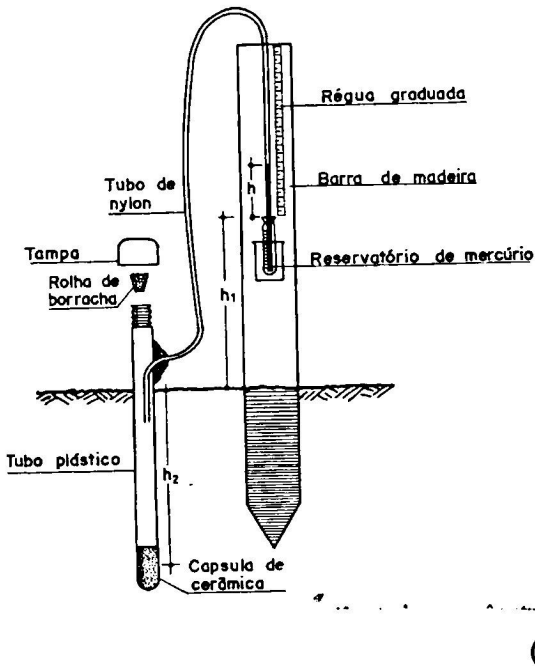


FIG. 10. Tensiômetro com vacuômetro metálico (A) e de mercúrio (B).

Fonte: Marouelli et al., 1994 e Faria & Costa (1987)

Os tensiômetros devem ser instalados após a emergência das plantas e depois de três a quatro irrigações, quando o solo se encontra com umidade suficiente para funcionamento do aparelho. Devem estar situados nas fileiras das plantas em duas profundidades, uma a 15 e outra a 30 cm, lado a lado. A leitura do tensiômetro a 15 cm, chamado de tensiômetro de decisão, representa a tensão média de um perfil de solo de 0 a 30 cm de espessura, onde se concentra a totalidade das raízes do feijoeiro, indicando o momento da irrigação. Por sua vez, o tensiômetro a 30 cm, denominado tensiômetro de controle, verifica se a irrigação está sendo bem executada, podendo detectar a falta ou excesso de água no solo (Fig. 11).

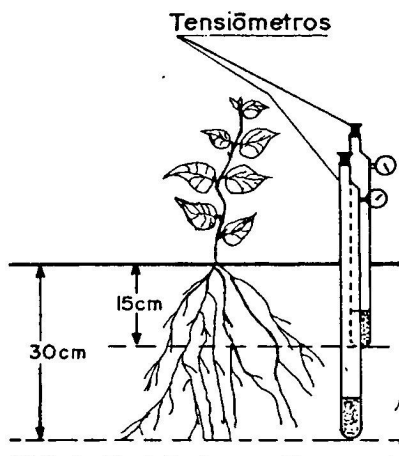


FIG. 11. Posição dos tensiômetros junto às plantas e profundidades de instalação.

Fonte: Silveira & Stone (1994)

Para o feijão caupi, esse limite de tensão pode variar de acordo com a produtividade a ser alcançada. No Estado do Ceará, Bezerra & Saunders (1992) verificaram que o rendimento médio de grãos diminuiu significativamente ($P < 0,05$) quando o potencial matricial do solo passou de -40 kPa ($1.503,74$ kg/ha) para -70 kPa ($583,18$ kg/ha).

Para a obtenção de produtividade de grãos acima de 2.000 kg/ha, recomenda-se promover a irrigação toda vez que a média das leituras dos tensiômetros de decisão, alcançar a faixa de -10 a -20 kPa. Esses valores correspondem a uma leitura da coluna de mercúrio de 12 cm a 20 cm, para um tensiômetro instalado com $h_1 = 30$ cm e $h_2 = 15$ cm (equação 5).

Determinado o momento da irrigação, a lâmina de água a ser aplicada no solo é calculada pela equação abaixo:

$$\text{LRN} = \frac{\text{CC} - \text{UI}}{10} \times \text{Da} \times \text{Z} \quad (6)$$

Em que:

LRN = lâmina de água real necessária (mm)

CC = umidade correspondente à capacidade de campo (% em peso seco)

UI = umidade de irrigação (% em peso seco)

Da = densidade aparente do solo (g/cm^3)

Z = profundidade efetiva do sistema radicular da cultura (cm)

A lâmina de água real necessária (LRN) é igual à lâmina real disponível (LRD), equação 4, mas são utilizadas de formas distintas. Enquanto, no método da tensão de água no solo, a LRN significa a própria quantidade de água a ser aplicada, no método do balanço de água no solo, funciona apenas como parâmetro de referência para indicar o momento de reiniciar a irrigação.

A determinação da UI é realizada com o emprego da curva de retenção do solo, conforme descrito no item 3.1. É importante que se efetue periodicamente o monitoramento do teor de água no solo durante o desenvolvimento da cultura, verificando-se, assim, se os tensiômetros estão funcionando a contento.

Recomendações quanto aos testes prévios a serem efetuados com os tensiômetros, bem como os procedimentos para instalação no campo, operação e manutenção dos aparelhos, podem ser encontrados em outros trabalhos (Faria & Costa, 1987; Silveira & Stone, 1994; Marouelli et al., 1994).

Produção de feijão caupi sob irrigação

Na cultura do feijão caupi, os níveis de produtividade em cultivos irrigados estão aquém dos que poderiam ser realmente obtidos, devido ao manejo inadequado da irrigação durante as fases vegetativa e reprodutiva da cultura. Em área experimental da Embrapa Meio-Norte, foram avaliados os efeitos da aplicação de diferentes lâminas de irrigação sobre a produtividade de grãos verdes e secos e os componentes de produção em cultivares de feijão caupi.

Os experimentos foram executados nos Municípios de Parnaíba e Teresina, em solos classificados como Areia Quartzosa

e Aluvial Eutrófico, respectivamente. As lâminas de irrigação foram aplicadas, utilizando-se um sistema de irrigação por aspersão convencional, montado no campo segundo o sistema de “aspersão em linha”. Utilizaram-se duas variedades de feijão caupi (BR-14 Mulato e BR-10 Piauí) para a colheita de vagens verdes e duas cultivares (BR-14 Mulato e BR-17 Gurguéia) para a colheita de grãos secos. As lâminas de irrigação aplicadas foram calculadas com base na evaporação diária do Tanque Classe A e pelos coeficientes de tanque (K_p) e de cultura (K_c). O controle da irrigação foi realizado com o auxílio de tensiômetros de vacuômetro metálico, instalados a 15 e 30 cm de profundidade, em Parnaíba, e a 20 e 40 cm de profundidade, em Teresina. O monitoramento da variação do teor de água no solo, nas profundidades de 0 a 25 cm e 25 a 50 cm, foi realizado, utilizando-se uma sonda de nêutrons.

Os valores referentes às médias de produtividade de vagens verdes (PVV) e secas (PVS), do número de vagens por planta (NVP), do número de grãos por vagem (NGV), do comprimento de vagem (CV), do peso de cem grãos (PCG), da produtividade de grãos verdes (PGV) e secos (PGS) e da eficiência do uso de água (EUA) das cultivares de caupi BR 10 Piauí, BR 17 Gurguéia e BR 14 Mulato em função das lâminas de irrigação aplicadas nos ensaios conduzidos no ano de 1997, em Parnaíba e Teresina, serão apresentados nos tópicos a seguir.

▪ **Produção de vagens verdes**

A produção de vagens verdes e dos demais componentes de produção foi obtida com a aplicação de quatro diferentes lâminas de irrigação, sendo 392,1 mm; 335,9 mm; 207,4 mm e 113,8 mm, no experimento conduzido em Parnaíba e de 455,6 mm; 410,3 mm; 193,4 mm e 95,8 mm, em Teresina (Tabela 5). A diferenciação das lâminas aplicadas é inerente ao sistema “aspersão em linha”. Com os resultados obtidos, procedeu-se uma análise de regressão para identificar a lâmina de irrigação que proporciona as maiores produções.

Com base nessa análise e considerando a média de produção das duas cultivares, em Parnaíba, os maiores valores de PVV (6.578,9 kg/ha), PGV (4.272,5 kg/ha), NGV (13,4) e CV (18,1 cm), foram alcançados com a aplicação da lâmina de 392,1 mm. No entanto, a maior eficiência do uso de água (11,5 kg/ha/mm) foi obtida com a aplicação da lâmina de irrigação correspondente a 307,5 mm. A decisão de se trabalhar com a lâmina mais eficiente

ou com aquela que maximiza a produção dependerá do preço de venda do produto e dos custos de produção vigentes no mercado, devendo-se optar, evidentemente, por aquela que proporcione os maiores lucros.

O NVP foi o único componente de produção que apresentou efeito da interação cultivar versus lâmina de irrigação. Em Parnaíba, os maiores valores desse componente foram 19,9 e 21,5 para as cultivares BR 10 Piauí e BR 14 Mulato, respectivamente, tendo, ambos, sido obtidos com a maior lâmina (392,1mm).

Em relação ao município de Teresina, constatou-se que a maior produtividade de vagens verdes (3.658,6 kg/ha), de grãos verdes (1.854,7 kg/ha) e do número de vagens por planta (11,4), para a cv. BR 10 Piauí foi obtida com a lâmina de 455,6 mm. Por outro lado, para a cv. BR 14 Mulato, os valores máximos do PVV (4.713,6 kg/ha), do PGV (2.449,7 kg/ha) e do NVP (14,9) foram alcançados com as lâminas de 303,4, 321,3 e 320,3 mm, respectivamente. Esses resultados evidenciaram que essa cultivar foi mais eficiente no uso da água, nas condições de solo e clima de Teresina, devendo, portanto, ser recomendada quando o objetivo for produção de vagens verdes.

Cabe destacar que os valores de lâminas de irrigação, apresentados no presente trabalho, são resultados de um gradiente de variação decrescente a partir da linha central de aspersores, característica do sistema de aspersão em linha. Isso proporcionou variações no conteúdo (q) e no potencial matricial de água no solo (Y), principalmente na camada de 0 a 25 cm, onde se concentra a maior parte das raízes (Tabela 5).

Em Parnaíba, os valores de q e de Y variaram de 12,9 % a 5,9 % e de -6,7 kPa a -36,5 kPa, respectivamente. Esses valores estão coerentes, em se tratando de um solo de tabuleiros costeiros do Piauí, cuja umidade à capacidade de campo se encontra aproximadamente a um Y igual a -6 kPa. Por outro lado, em Teresina, observou-se que, na camada de 0 a 25 cm, os valores de q e de Y variaram de 15,7 % a 7,3 % e de -45,0 kPa a -261,0 kPa (Tabela 5). Essas diferenças podem ser explicadas pelas diferentes características físico-hídricas dos dois solos estudados. O solo Aluvial Eutrófico, de Teresina, por possuir um maior teor de argila e silte, apresenta uma maior capacidade de retenção de água e, dessa forma, suporta aplicações de água em quantidades maiores, quando comparado ao solo de Parnaíba (Areia Quartzosa). Isso demonstra a importância de se determinar as características físicas do solo, antes de se estabelecer um cultivo irrigado.

TABELA 5. Teor de água à base de volume (θ) e potencial matricial (Ψ) em função das lâminas de irrigação aplicadas visando a produção de vagens verdes. Teresina e Parnaíba, PI, 1997.

Município (solo)	Tratamento	Lâmina (mm)	θ (%) 0 – 25	Ψ (- kPa) 0 – 25
Teresina (Aluvial Eutrófico)	L1	455,6	15,68	44,91
	L2	410,3	14,41	51,60
	L3	193,4	9,86	99,80
	L4	95,8	7,28	261,29
Parnaíba (Areia Quartzosa)	L1	392,1	12,92	6,69
	L2	335,9	9,06	12,40
	L3	207,4	6,62	25,61
	L4	113,8	5,91	36,52

▪ Produção de grãos secos

Para a produção de grãos secos (PGS), os valores das lâminas totais de irrigação aplicados foram 455,3 mm; 330,1 mm; 273,5 mm e 189,2 mm, no experimento conduzido em Parnaíba e 402,5 mm; 427,9 mm; 330,8 mm e 200,2 mm, em Teresina.

Considerando-se a média obtida com a análise de regressão, em Parnaíba, os valores máximos de NVP (22,3), PVS (3.389,5 kg/ha) e PGS (2.506,9 kg/ha) foram alcançados com a aplicação das lâminas de 390,5 mm; 394,4 mm e 395,9 mm, respectivamente. Entretanto, a máxima eficiência do uso de água (EUA) foi obtida com a lâmina de 294,3 mm. Conforme comentado no item anterior (produção de vagens verdes), o critério de decisão entre a aplicação da lâmina mais eficiente ou da lâmina que maximiza a produtividade da cultura, é função da perspectiva de receita financeira com o cultivo irrigado.

Em Teresina, não foi constatado uma variação significativa na produtividade de grãos em função das diferentes lâminas aplicadas, não sendo possível, dessa forma, definir-se uma lâmina de irrigação mínima a ser aplicada na cultura.

Observou-se, nos dois agroecossistemas, que a cultivar BR 17 Gurguéia apresentou uma maior PGS (2.151,3 kg/ha, em Parnaíba e 1.461,5 kg/ha, em Teresina) quando comparada àquela da cv. BR 14 Mulato (1.858,1 kg/ha, em Parnaíba e 1.238,4 kg/ha, em Teresina). O melhor desempenho da primeira cultivar pode ser atribuído, principalmente, ao maior valor do NVP, que, em média, foi 20,9 e 16,8, em Parnaíba e Teresina, respectivamente. Para a cv. BR 14 Mulato, esses valores foram 14,9 (Parnaíba) e 13,1 (Teresina). Além disso, a cv. BR 17 Gurguéia mostrou-se mais eficiente na utilização da água para a produção de grãos, 7,1 kg/ha/mm (Parnaíba) e 4,58 kg/ha/mm (Teresina), devendo, portanto, ser recomendada em condições de cultivo irrigado, quando a finalidade é a produção de grãos secos.

Um outro aspecto a ser destacado, no manejo da irrigação, é o “status” de água no solo. No experimento de Parnaíba, observou-se que as diferentes lâminas de irrigação influenciaram o teor de água no solo (q), especialmente na camada de 0 a 25 cm, onde houve variação de 6,76% a 11,94% (Tabela 6). Esse comportamento pode ser explicado pela baixa retenção e pequena redistribuição lateral de água nas camadas, uma vez que se trata de um solo arenoso de Tabuleiro Costeiro.

Em relação ao potencial matricial do solo (Y), nessas condições, constatou-se que houve variações de -7,59 a -24,17 kPa (Tabela 6). Percebe-se que, mesmo com a aplicação da menor lâmina (189,2 mm), não se atingiu o potencial de -40 kPa, recomendado por alguns autores (Silva & Millar, 1981; Bezerra & Saunders, 1992) como limite crítico para a cultura do feijão caupi. Isso indica que este limite não pode ser aplicado às condições de solo arenoso de Tabuleiro Costeiro, evidenciando, também, que a cultura responde positivamente à manutenção de elevados teores de água no solo.

No experimento em solo Aluvial Eutrófico (Teresina), houve uma menor variação entre os tratamentos aplicados, tendo a lâmina L1 superado em apenas 1,3 e 2,1 vezes as lâminas L3 e L4, respectivamente. Isso refletiu no potencial matricial que, exceto para o tratamento L4, variou de -18,43 a -18,97 kPa. Possivelmente, isso tenha sido a causa da pequena variação da produtividade de vagens e de grãos secos entre os tratamentos.

TABELA 6. Valores do teor de água à base de volume (θ) e potencial matricial (Ψ) em função das lâminas de irrigação aplicadas, visando a produção de grãos secos. Teresina e Parnaíba, PI, 1997.

Município (solo)	Tratamento	Lâmina (mm)	θ (%) 0 – 25	Ψ (- kPa) 0 – 25
Teresina (Aluvial Eutrófico)	L1	427,9	18,97	32,52
	L2	402,5	18,43	34,20
	L3	330,8	18,95	32,58
	L4	200,2	11,23	78,36
Parnaíba (Areia Quartzosa)	L1	455,3	11,94	7,59
	L2	330,1	11,39	8,20
	L3	273,5	9,00	12,56
	L4	189,2	6,76	24,17

Viabilidade econômica da irrigação no feijão caupi

Muito tem-se questionado quanto a viabilidade econômica do cultivo irrigado de feijão caupi. Cardoso et al. (1995) realizaram estudo para avaliar técnica e economicamente a produção de sementes de feijão caupi sob irrigação.

Esse estudo foi conduzido durante os anos de 1992 e 1993, durante os meses de julho a setembro, numa área de um hectare, em solo Aluvial Eutrófico, de textura média, utilizando-se a cv. BR-14 Mulato sob irrigação por aspersão convencional. A produtividade média de sementes foi 2.222 kg/ha com a aplicação de uma lâmina média de irrigação de 402,5 mm. Computando-se o custo dos insumos e serviços utilizados para a condução da cultura, segundo os preços vigentes no mercado de Teresina em novembro de 1995, verificou-se que o custo variável total foi R\$ 769,39, com uma receita líquida de R\$ 3.674,61, resultando em uma relação benefício/custo de 4,78. Esses resultados indicam que é economicamente viável o cultivo irrigado de feijão caupi, visando a produção de sementes fiscalizadas.

Porém, para produção de grãos de feijão caupi, a irrigação só torna-se viável economicamente se o preço do produto cobrir os custos de produção com margens de lucro. Desta forma, é salutar que o produtor realize, previamente, uma análise de mercado. A Tabela 7 apresenta resultados de uma simulação de receita líquida para o caupi irrigado em Teresina. Quando o preço de venda for R\$ 0,53/kg, o agri-

cultor praticamente não irá obter lucros realizando apenas duas colheitas. Porém, com uma terceira colheita (comentada a seguir) os resultados indicam receitas líquidas de R\$ 322,98.

Como a irrigação no Piauí é feita apenas no período seco, espera-se obter preços de venda mais elevados com a cultura do caupi, pois coincide com o período de entressafra. Portanto, caso haja condições favoráveis de preço no mercado, a irrigação de caupi para a produção de grãos pode se tornar uma atividade economicamente viável.

Outro aspecto da condução da cultura sob irrigação, que assume importância econômica, é a execução de um manejo da irrigação que permita a realização de uma terceira colheita das vagens. O referido manejo foi testado por Bastos et al. (1996) em Teresina, em solo Aluvial Eutrófico. Verificaram, com a terceira colheita, aumentos de 61,87% na produtividade de sementes, em relação ao total das duas primeiras colheitas. Os custos adicionais com energia elétrica, colheita e beneficiamento foram R\$ 146,00, o que proporcionou um incremento de R\$ 1.144,00 na receita líquida para cada hectare, apresentando vantagem econômica para o produtor (Tabela 8). Esse manejo de irrigação na cultura do caupi é mais apropriado para cultivares de porte enramador e com elevado potencial produtivo.

TABELA 7. Valores dos custos (C), produtividades (P), receitas brutas (RB) e receitas líquidas (RL) obtidos para a produção de grãos de caupi no Município de Teresina, Piauí, 1995.

Colheita	C (R\$/ha)	P (kg/)	RB ¹ (R\$/ha)	RL (R\$/ha)
1 ^a + 2 ^a	724,22	1.390	736,7	12,48
3 ^a	146,00	860	455,8	309,80
Total	870,22	2.250	1.192,5	322,28

¹ Valores calculados considerando-se um preço de venda de R\$ 0,53/kg.

TABELA 8. Valores dos custos (C), produtividades (P), receitas brutas (RB) e receitas líquidas (RL) obtidos com as colheitas do caupi, cultivar BR-14 Mulato, em Teresina, Piauí, 1995.

Colheita	C (R\$/ha)	P ¹ (kg/ha)	RB (R\$/ha)	RL ² (R\$/ha)
A) 1 ^a + 2 ^a	724,22	1.390	2.085	1360,8
B) 3 ^a	146,00	860	1.290	1.144
B/A	20,16	61,87	61,87	-

¹ Considerou-se 80% da produtividade experimental do tratamento com 14 plantas.m² combinado com 45 kg.ha⁻¹ de P₂O₅.

² Preços vigentes no mercado de Teresina em novembro de 1995.

Recomendações Gerais

No manejo da irrigação, a frequência e a quantidade de água aplicada são elementos fundamentais. É necessário, portanto, que o irrigante se conscientize da necessidade de se obter informações sobre o solo, clima e a demanda hídrica da cultura em cada fase de desenvolvimento, a fim de que o manejo da irrigação seja o mais racional possível. Recomenda-se sempre a aplicação de um método de controle da água aplicada, que pode variar em função do tamanho da área irrigada, do nível tecnológico empregado, da habilidade do operador com os equipamentos, dentre outros fatores.

Para o manejo da irrigação em áreas irrigadas acima de 10 ha, recomenda-se a utilização conjunta do método do balanço e da tensão de água no solo. Neste caso, o produtor deve instalar um Tanque Classe A convencional ou algum outro tanque de evaporação alternativo existente no mercado, uma vez que possui baixo custo, facilidade de instalação e operação, além de apresentar resultados satisfatórios.

Em áreas pequenas, o método da tensão de água no solo pode ser utilizado com vantagens. Ressalta-se que o sucesso desse método está condicionado à instalação adequada e ao correto manuseio dos tensiômetros.

Referências

ANDRADE, C.L.T.; SILVA, A.A.G.; SOUZA, I.R.P.; CONCEIÇÃO, M.A.F. **Coefficientes de cultivo e de irrigação para o caupi**. Parnaíba: EMBRAPA-CNPAl, 1993. 6p. (EMBRAPA-CNPAl. Comunicado Técnico, 9).

ANDRADE JÚNIOR, A.S. **Manejo de água em agricultura irrigada**. Teresina:EMBRAPA-UEPAE de Teresina, 1992. 37p. (EMBRAPA-UEPAE de Teresina. Circular Técnica, 10).

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; BASTOS, E.A.; MELO, F.B.; RODRIGUES, B.H.N. Determinação do teor de água em amostras de solo utilizando forno microondas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25, 1996, Bauru. **Resumos** . . . Bauru:UNESP/SBEA/ALIA, 1996. p. 139.

BASTOS, E. A.; CARDOSO, M.J.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. Manejo de irrigação para produção de sementes de caupi nos municípi-

os de Teresina e Parnaíba, Piauí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25, 1996, Bauru. **Resumos** ... Bauru:UNESP/SBEA/ALIA, 1996. p. 142.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa : Imprensa Universitária, 1989. 488p.

BEZERRA, F.M.L.; SAUNDERS, L.C.U. Irrigação de dois cultivares de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* L. Walp.) em três épocas de plantio sob dois níveis de irrigação no Vale do Curu. **Ciência Agrônômica**, v. 23, n. ½, p. 39-44, 1992.

CARDOSO, M.J.; FREIRE FILHO, F.R.; ATHAYDE SOBRINHO, C. **Cultura do feijão macassar (*Vigna unguiculata* L. Walp.) no Piauí: aspectos técnicos**. Teresina: EMBRAPA-UEPAE de Teresina, 1991. 43p. (EMBRAPA/UEPAE de Teresina. Circular Técnica, 9).

CARDOSO, M.J.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; MELO, F.B.; FROTA, A.B. **Avaliação agroeconômica da produção de sementes de caupi sob irrigação**. Teresina: EMBRAPA-CPAMN, 1995. 6p. (EMBRAPA-CPAMN. Comunicado Técnico, 62).

COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; CONCEIÇÃO, M. A. F. Comportamento de aspersores de média pressão sob diferentes condições de vento. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9, 1991, Natal. **Anais** ... Fortaleza, 1992. v. 1, Tomo 1, p. 153-171.

CORDEIRO, L. G.; BEZERRA, F.M.L.; SANTOS, J.J.A.; MIRANDA, E.P. Fator de sensibilidade ao déficit hídrico (k_s) da cultura do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais** ... Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p. 178 – 180.

CRISTIENSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berdeley: University of California, College of Agriculture. Agricultural Experiment Station, 1942. (Bulletin, 670).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Necessidades hídricas das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1997. 204p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 24).

- DOURADO-NETO, D.; FANCELLI, A.L. Irrigação do feijoeiro. In: **Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo**. Piracicaba: Publicação, 1999. p. 170 – 192.
- FARIA, R.T.; COSTA, A.C.S. **Tensiômetro : construção, instalação e utilização**. Londrina:IAPAR, 1987. 22p. (IAPAR. Circular Técnica, 56).
- FRIZZONE, J.A. **Irrigação por aspersão : uniformidade e eficiência**. Piracicaba:ESALQ, 1992. 53p. (Série Didática, 003).
- GOMES, H.P. **Engenharia de irrigação : hidráulica dos sistemas pressurizados aspersão e gotejamento**. João Pessoa:Editora Universitária/UFPB, 1994. 344p.
- GOMES FILHO, R.R.; TAHIN, J.F. Respostas fisiológicas de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) eretas e decumbentes submetidas a diferentes níveis de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais ...** Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p. 250 – 252.
- GONDIM, R.S.; AGUIAR, J.V.; COSTA, R.N.T. Avaliação econômica de três métodos utilizados no cálculo da lâmina de água em irrigação de caupi para consumo em estado verde. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais . . .** Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p. 37 – 39.
- GENUCTHEN, M. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 41, p. 892 – 898, 1980.
- KLAR, A.E. A água do solo. In: **Irrigação: frequência e quantidade de aplicação**. São Paulo: Nobel, 1991. p. 29-61.
- LIMA, G.P.B. Crescimento e produtividade do caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) sob diferentes níveis de disponibilidade hídrica no solo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 4, 1996, Teresina. **Resumos ...** Teresina: EMBRAPA- CPAMN, 1996. p. 41-43. (EMBRAPA-CPAMN. Documentos, 18).

- MARQUELLI, W.A.; SILVA, H.R.; SILVA, W.L.C **Manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1986, 12p.
- NOGUEIRA, L.C.; NOGUEIRA, L.R.Q. **Distribuição radicular de caupi em solo arenoso sob diferentes lâminas de água e doses de adubação fosfatada**. Teresina: EMBRAPA-CPAMN, 1995. 4p. (EMBRAPA-CPAMN. Pesquisa em Andamento, 62).
- REZENDE, R.; FREITAS, P.S.L. Influência do espaçamento entre aspersores na uniformidade de distribuição de água acima e abaixo da superfície do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25, 1996, Bauru. **Resumos . . .** Bauru: UNESP/SBEA/ALIA, 1996. (CD ROOM)
- SANTOS, J.J.A.; BEZERRA, F.M.L.; MIRANDA, E.P.; CORDEIRO, L.G. Determinação da evapotranspiração de referência (ET_o) e evapotranspiração máxima (ET_m) em diferentes fases fenológicas do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.). In : CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais . . .** Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p. 184 – 186.
- SILVA, E.M.; AZEVEDO, J.A.; GUERRA, A.F.; FIGUERÊDO, S.F.; ANDRADE, L.M.; ANTONINI, J.C.A. Manejo da irrigação para grandes culturas. In: FARIA, M.A.; SILVA, E.L.; VILELA, L.A.A.; SILVA, A.M. **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p. 239 – 280.
- SILVA, F.L.; ARAGÃO JÚNIOR, T.C. Influência da irrigação sobre cultivares de caupi. In : REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 4, 1996, Teresina. **Resumos ...** Teresina: EMBRAPA-CPAMN, 1996, p. 107. (EMBRAPA-CPAMN. Documentos, 18).
- SILVA, M. A.; MILLAR, A. A. Evapotranspiração do feijão-de-corda. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-árido. **Pesquisa em irrigação no trópico Semi-Árido: solo, água, planta**. Petrolina, 1981. p.15-24. (Embrapa-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 4).
- SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. **Manejo da irrigação do feijoeiro : uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 46p. (EMBRAPA-CNPAF. Circular Técnica, 27).