

## IRRIGAÇÃO E MANEJO DA ÁGUA

*Roberto Dantas de Medeiros*

*Wellington Farias Araújo*

*Antônio Carlos Centeno Cordeiro*

*Amaury Burlamaqui Bendahan*

*Roberto Dantas de Medeiros Filho*

## 1- INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma cultura de expressiva importância socioeconômica nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil, sendo a principal fonte de proteína vegetal de baixo custo para a alimentação humana, principalmente, para a população de menor poder aquisitivo. Na maioria das áreas, o cultivo ocorre para subsistência e com baixa utilização de insumos, tendo como consequência baixas produtividades.

Na Região Norte, o feijão-caupi pode ser cultivado durante todo o ano sob condições de sequeiro e/ou irrigado, obtendo-se produtividades médias de grãos que variam de 500 a 1.800 kg ha<sup>-1</sup>, dependendo do nível tecnológico adotado (CONAB, 2008; MEDEIROS, et al., 2005).

Irigar consiste em fornecer água ao solo no momento oportuno (quando irrigar) e na quantidade suficiente (quanto irrigar) para atender as necessidades da cultura nos seus diferentes estádios de desenvolvimento. O excesso ou déficit hídrico no solo afetam negativamente a produtividade e a qualidade da produção.

Trabalhos sobre os sistemas de cultivo do feijão-caupi irrigado não são conclusivos, pois os parâmetros da irrigação e seu manejo sofrem influência da interação genótipo-ambiente.

Neste capítulo, serão apresentados conhecimentos básicos relativos aos sistemas e ao manejo da água de irrigação, importantes para o cultivo do feijão-caupi na Amazônia.

## 2 - MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO

A cultura do feijão-caupi pode ser irrigada por qualquer método. Cada um apresenta suas vantagens e limitações. A seleção do sistema a ser utilizado em cada área depende de uma série de fatores técnicos, econômicos e sociais concernentes a cada condição específica. No feijão-caupi irrigado, lâminas de água irregulares favorecem a proliferação de doenças na parte aérea, como mofo-branco e antracnose, principalmente nos sistemas de irrigação por aspersão. Entretanto, o fator limitante não é o método de irrigação, mas o manejo inadequado da água (FANCELLI; DOURADO NETO, 1999). Para escolha do método de irrigação destaca-se a necessidade do conhecimento dos seguintes fatores:

- a. Recursos hídricos (quantidade e qualidade da água disponível, situação topográfica do manancial e custo do bombeamento da água) na área a ser irrigada;
- b. Solo (classe de solo, textura, retenção de água, taxas de infiltração, condutividade hidráulica do solo, características químicas e variabilidade espacial);
- c. Retorno econômico da cultura;
- d. Topografia (relevo, declividade, formato da área);
- e. Clima (precipitação pluviométrica, velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa do ar e a evapotranspiração potencial);
- f. Fonte de energia (elétrica, combustão a diesel, gasolina e/ou gravidade);

- g. Aspectos econômicos (custos de investimento, operacionais e de manutenção dos sistemas de irrigação);
- h. Experiência, tradição e capacidade financeira do produtor;
- i. Quantidade e qualidade da mão-de-obra disponível e
- j. Facilidade de assistência técnica local.

Portanto, não existe um método de irrigação ideal, mas sim, o mais adequado a uma determinada condição.

De forma simplificada, os métodos de irrigação podem ser classificados em irrigação por superfície, aspersão e localizada, contendo diferentes sistemas. A seguir serão abordadas algumas características gerais dos sistemas de irrigação por aspersão e por superfície (sulcos), por serem os mais utilizados na cultura do feijão-caupi.

## 2.1 - IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

No método por aspersão, a água é lançada à cultura, simulando a precipitação pluviométrica. Envolve diferentes sistemas, destacando-se os sistemas convencional, autopropelido e pivô central (Figura 1A e B). Na aspersão convencional, os aspersores são de baixa a média pressão (2 a 4 Kgf cm<sup>-2</sup>), podendo ser instalados em tubulações móveis (sistema portátil e semiportátil) ou fixas (sistemas fixos ou permanentes). O autopropelido utiliza aspersores de alta pressão (4 a 8 Kgf cm<sup>-2</sup>), com raios de ação de 40 a 80 m de comprimento e desloca-se irrigando uma faixa de área. O pivô central caracteriza-se por rotacionar em torno de um ponto com raios de comprimentos que podem variar de 200 m a 800 m, constituído por várias torres.

A irrigação por aspersão é um dos métodos mais utilizados para o cultivo do feijão-caupi. As vantagens deste sistema em comparação ao sistema de irrigação por sulcos estão destacadas a seguir:

- a. É mais adequado para solos arenosos, com alta taxa de infiltração de água;

- b. Não exige sistematização do terreno;
- c. Facilita o manejo da água, permitindo estimar com precisão a quantidade de água a ser aplicada em cada irrigação;
- d. Proporciona alta eficiência de irrigação, requerendo menos água do que a irrigação por sulcos;
- e. Exige pouca mão-de-obra, no caso de sistemas fixo e pivô central;
- f. Possibilita a aplicação do adubo de cobertura juntamente com água de irrigação (fertirrigação);
- g. Pode ser removido de uma área para outra (no caso do sistema convencional não fixo e autopropelido);
- h. Tem-se observado, em situação de lavoura, redução da incidência de algumas pragas como o pulgão e o tripses, comparando-se com a cultura irrigada por superfície.

Por outro lado, os sistemas de irrigação por aspersão, quando comparados com o sistema por sulcos, apresentam as seguintes desvantagens:

- a. Elevado custo de implantação (investimento);
- b. Alto consumo de energia, pois exige um conjunto motobomba mais potente a fim de se fornecer a pressão necessária ao funcionamento dos aspersores;
- c. Exige mão-de-obra qualificada para a operação e manutenção do sistema;
- d. As condições climáticas, principalmente o vento e a umidade relativa do ar, afetam negativamente a uniformidade de aplicação da água;
- e. Favorece a ocorrência de algumas doenças na parte aérea das plantas, devido à formação de um microclima favorável ao desenvolvimento dos patógenos;

f. Propicia o desenvolvimento das plantas daninhas, pois molha toda a área ainda não ocupada pela cultura, durante sua fase inicial de desenvolvimento;

g. Pode favorecer a queda das flores pelo impacto das gotas de água;

h. Caso a água seja salina, pode haver a precipitação de sedimentos sobre as folhas, causando danos à cultura e reduzindo a vida útil dos equipamentos.

Para melhorar a eficiência da irrigação deve-se avaliar a uniformidade de distribuição de água, o que pode ser feito em campo após a instalação do sistema. Segundo Frizzone (1992), de maneira geral, a uniformidade expressa pelo Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) deve ser acima de 80%; podendo ser inferior, dependendo da precipitação pluviométrica que ocorre no período de cultivo, devido redistribuição da umidade no solo (FRIZZONE et. al, 2007).



Figura 1 – Sistema de irrigação por aspersão convencional (A) e autopropelido (B).  
Foto: W. F. Araújo.

## 2.2 - IRRIGAÇÃO POR SULCOS

No sistema de irrigação por sulcos, a distribuição da água até as plantas ocorre por meio de pequenas valas no solo (sulcos) distribuídos em linhas paralelas às das plantas. A derivação da água para os sulcos de irrigação é feita por canais de terra, alvenaria e/ou por tubos janelados.

Esse sistema, comparado aos por aspersão, apresenta as seguintes vantagens:

- a. Baixo custo de implantação (investimento), necessitando, às vezes, apenas de um conjunto motobomba com uma tubulação de baixa densidade e/ou canais para adução e distribuição de água, os quais podem ser construídos de terra;
- b. Menor consumo de energia, por exigir baixa pressão;
- c. Fácil operação e manutenção, por não requerer mão-de-obra qualificada para a operação e manutenção do sistema;
- d. É adequado para solos argilosos, com baixa taxa de infiltração;
- e. Não sofre influência da ação dos ventos nem da umidade relativa do ar;
- f. Não favorece a incidência de doenças na parte aérea das plantas, por não molhá-la;
- g. Não provoca queda de flores;
- h. Permite o uso de água com sólidos em suspensão.

Por outro lado, o sistema de irrigação por sulcos apresenta algumas limitações, tais como:

- a. É inadequado para solos arenosos, com alta taxa de infiltração;
- b. Necessita que o solo apresente topografia com relevo regular (uniforme);
- c. Maior necessidade de mão-de-obra, exceto se for utilizado o sistema por tubos janelados;
- d. Difícil controle da quantidade de água a ser aplicada por irrigação, pois depende muito da experiência e do bom senso do irrigante;
- e. Geralmente apresenta baixa eficiência de irrigação, devido à desuniformidade da lâmina de água infiltrada ao longo dos sulcos;
- f. Pode causar erosão do solo, dependendo da vazão utilizada.

Para melhorar a eficiência da irrigação e minimizar os efeitos

erosivos no solo, deve-se adequar o comprimento dos sulcos, sua declividade e a vazão de água por sulcos, em função do tipo de solo e da quantidade de água a ser aplicada por irrigação, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1 - Comprimento máximo de sulcos de irrigação indicados para diferentes tipos de solo em função da quantidade de água aplicada por irrigação, da declividade dos sulcos e da vazão de água por sulco.

Textura do solo	Água aplicada por irrigação (mm)	Comprimento máximo do sulco (m)					
		Declividade (%) / Vazão (L min <sup>-1</sup> )					
		0,25/180	0,50/90	1,00/45	1,50/30	2,00/22	3,00/15
Grossa (arenoso)	50	150	120	70	60	50	25
	100	210	150	110	90	70	60
	150	260	180	120	120	90	70
Média (argilo-arenoso)	50	250	170	130	100	90	70
	100	375	240	180	140	120	100
	150	420	290	220	170	150	120
Fina (argiloso)	50	300	220	170	130	120	90
	100	450	310	250	190	160	130
	150	530	380	280	250	200	160

Fonte: Withers e Vipond, (1977)

Em experimentos de competição de cultivares de feijão sob os métodos de irrigação por sulcos e por aspersão, conduzidos por Rochedo et al. (1998), não foram encontradas diferenças significativas na produtividade da cultura, exceto quando comparadas com a testemunha sem irrigação.

Em áreas de várzea no Estado de Roraima, foram conduzidas pesquisas, no período de 1995 a 1997, envolvendo diversas cultivares de feijão-caupi sob diferentes sistemas de irrigação (aspersão, inundação e sulco) e preparo do solo (arado de aiveca e grade aradora).

Em um destes experimentos foi testada a cultivar Sempre Verde, irrigada por sulcos e por aspersão em solo preparado com arado de aiveca e grade aradora. Porém, tanto os sistemas de irrigação como o preparo do solo não afetaram significativamente os componentes de produção nem a produtividade de grãos (Tabela 2) cuja média obtida de

1.853 kg ha<sup>-1</sup> corresponde a três vezes a produtividade média do feijão-caupi no Estado, que está em torno de 600 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2008b).

Tabela 2 - Médias dos componentes de produção e produtividade de grãos de feijão-caupi, obtidas sob diferentes métodos de irrigação e preparo do solo em várzea de Roraima.

Tratamentos	Nº de vagens por m <sup>2</sup>	Grãos por vagem	Massa 100 grãos (g)	Produtividade grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
Sistemas de Irrigação				
Aspersão	91,87	14,72	16,16	1.904,70
Sulcos	86,2	13,9	15,8	1.802,90
Teste F (p<0,05)	0,17 <sup>ns</sup>	5,26 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	1,67 <sup>ns</sup>
CV (%)	15,4	3,56	2,13	6,09
Preparo do solo				
Grade + aiveca + niveladora	89,1	14,41	16,17	1.857,00
Grade aradora + niveladora	88,97	14,21	15,7	1.850,60
Teste F (p<0,05)	0,05 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
CV (%)	12,46	3,4	3,9	7,01
Média	89,03	14,31	15,96	1.853,80

Fonte: Medeiros et al. (2005).

<sup>ns</sup> - não significativo

Estes resultados evidenciam a baixa exigência da cultura quanto ao preparo do solo e aos sistemas de irrigação. Resultados semelhantes também foram obtidos por outros autores (ZAFFARONI et al., 1991; PIMENTEL; CHAVES, 1993) que não detectaram efeito significativo no rendimento do feijão-caupi cultivado em Gleyssole Háplico sob diferentes manejos do solo.

Noutro experimento conduzido em Roraima, avaliou-se os efeitos dos sistemas de irrigação (aspersão, sulcos e inundação) sobre o número de grãos por vagens e na produtividade de grãos nas seguintes cultivares de feijão-caupi: Sempre Verde, Epace 10, Regional Barrigudo e Regional Branco. Não foi observada interação significativa entre cultivares e sistemas de irrigação sobre as variáveis testadas. Entretanto, a produtividade de grãos foi influenciada significativamente pelas cultivares e pelos sistemas de irrigação, ao passo que o número de grãos por vagem foi influenciado apenas pelas cultivares (Tabela 3).

Tabela 3 – Médias do número de grãos por vagem e produtividade de grãos secos de cultivares de feijão-caupi obtidos em várzea no estado de Roraima sob diferentes sistemas de irrigação.

Tratamentos	Número de grãos por vagem		Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
	Cultivares		
Sempre Verde	15,0 a		1.700 a
Regional Barrigudo	14,6 a		1.590 a
Epace 10	15,5 a		1.250 b
Regional Branco	8,6 b		970 b
	Sistemas de irrigação		
Aspersão	13,1 a		1445 a
Sulcos	13,0 a		1570 a
Inundação	14,2 a		1108 b

\*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade

Portanto, não há evidências de existirem diferenças entre os métodos de irrigação por aspersão e por sulcos, no que diz respeito à produção do feijão-caupi. Mas sim, um pode ser mais adequado do que o outro, dependendo das condições especiais de cada propriedade, considerando-se o grau de restrição e/ou adequação dos principais fatores existentes, conforme exemplo na Tabela 4.

### 3 - NECESSIDADE DE ÁGUA

Para o manejo adequado, é importante o conhecimento da necessidade de água da cultura, determinada pela taxa de evapotranspiração, que representa a quantidade de água transpirada pela planta mais a água evaporada diretamente pela superfície do solo e da planta numa unidade de tempo (SEDIYAMA, 1996).

Na fase inicial, até os 20 dias após a emergência, a cultura necessita de menos água, sendo que a exigência aumenta durante o período de ramificação à produção de vagens. Entretanto, a fase crítica (de maior demanda por água) vai da floração à formação dos grãos (30 a 50 dias após a germinação). A falta de umidade adequada no solo, neste período, reduz severamente a produtividade de grãos.

Tabela 4 - Adequação/restrições dos métodos de irrigação por aspersão e por sulcos em função de algumas condições de solo e clima.

Métodos de irrigação		Solo	Clima		
Aspersão convencional	Declividade	B			
	Pedregosidade :	A	Obs.: gradiente de declive superior a 30% é problemático.	Velocidade do vento	D
	Profundidade	A		Umidade relativa do ar	C
	Infiltração	B			
	Retenção de água	B			
Pivô central	Declividade	D			
	Pedregosidade :	B	Retenção de água inferior	Velocidade do vento	B
	Profundidade	A	a 0,5 mm cm <sup>-1</sup> de solo é	Umidade relativa do ar	B
	Infiltração	B	problemático.		
	Retenção de água	B			
Auto propelido	Declividade	C			
	Pedregosidade :	D			
	Profundidade	A		Velocidade do vento	D
	Infiltração	B		Umidade relativa do ar	B
	Retenção de água	A			
Sulcos	Declividade	D			
	Pedregosidade :	C			
	Profundidade	A		Velocidade do vento	A
	Infiltração	C		Umidade relativa do ar	A
	Retenção de água	B			

Fonte: Adaptado de Dourado Neto (1993)

A: não limitante; B: pouco limitante; C: limitante; D: muito limitante

Para as condições da região amazônica a quantidade de água necessária para a cultura pode apresentar variações de 3,0 mm a 7,0 mm de água por dia, dependendo do estágio de desenvolvimento (idade da planta) e da época de plantio. Isso corresponde a uma quantidade de água em torno de 30.000 a 70.000 litros por hectare (área de 100 m x 100 m) por dia.

Lima et al. (2006) estimaram o consumo de água (a evapotranspiração) do feijão-caupi pelo método do balanço hídrico no solo, com o uso da sonda de nêutrons e da reflectometria no domínio do tempo (TDR). Os autores não observaram diferenças significativas na evapotranspiração estimada pelos dois métodos, sendo o valor total de 346,2 mm e 349,4 mm obtidos com a sonda de nêutrons e com os sensores tipo TDR, respectivamente.

Souza et al. (2005) avaliaram o consumo de água pelo feijão-caupi cultivar Setentão, em Fortaleza. Os valores médios do coeficiente

de cultivo (kc) variaram de 0,69 na fase de maturação de grãos a 1,27 na fase de floração. Por sua vez, Andrade Junior et al. (2000), em pesquisas conduzidas no município de Teresina, determinaram o kc para a cultura do feijão-caupi; cujos valores variaram de 0,5 a 1,05, resultando num consumo de água de 430,9 mm durante o ciclo da cultura e produtividade média de grãos de 2.200 kg ha<sup>-1</sup>.

Nas condições do município de Parnaíba, Bastos et al. (2008) também determinaram o Kc e a produtividade de grãos do feijão-caupi cultivar BR-17 Gurguéia e obtiveram valores de kc de 0,7, nas fases inicial e final do ciclo da cultura, e de 1,12 na fase de frutificação, resultando num consumo médio de água de 416 mm e produtividade média de grãos de 2.130 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores de Kc para a cultura do feijão-caupi para os municípios de Teresina e Parnaíba (PI).

Fases do ciclo (dias)	Kc Teresina	Kc Parnaíba
0 - 15	0,50	0,70
16 - 44	0,80	0,75 - 1,12
45 - 57	1,05	1,12 - 0,80
58 - 65	0,75	0,70
Média	0,77	0,82
Lâmina de irrigação (mm)	430,9	415,8
Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	2220	2130

Fonte: Adaptado de Andrade Júnior et al. (1993); Bastos et al. (2007).

Na região amazônica, Aguiar et al. (1992) avaliaram o consumo de água do feijão-caupi cultivar Manteiguinha em Bragança-PA com base na variação do teor de umidade do solo, nos estratos de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade. A variação de teor de umidade foi calculada com o auxílio de tensiômetros instalados nas profundidades de 10 e 30 cm, tendo sido consideradas a leitura efetuada 48 horas após cada irrigação e a última leitura efetuada antes da irrigação seguinte. Os valores da evapotranspiração de referência foram obtidos a partir dos dados de evaporação de um tanque classe "A" instalado na área do

experimento. Os resultados indicaram consumo de água de 305,7 mm, para todo o ciclo da cultura, cuja evapotranspiração média foi estimada em 4,43 mm dia<sup>-1</sup>, com valores mínimos no início e no final do ciclo de 2,24 e 3,20 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto no período de floração/frutificação, atingiu 6,08 mm dia<sup>-1</sup>. O kc médio para todo o ciclo foi de 0,84, sendo que nos períodos de floração e frutificação, o kc alcançou 1,10 e 1,04, respectivamente.

Em outro estudo com feijão-caupi irrigado por aspersão sob diferentes manejos de água e adubação, Aguiar (1989) obteve maiores rendimentos com uma lâmina de água de 226 mm, enquanto a lâmina maior (315 mm) proporcionou rendimentos menores, devido à redução na porosidade do solo livre de água.

Estas diferenças podem ser explicadas pelas características das cultivares avaliadas bem como pelas diferentes condições de clima (umidade relativa do ar, velocidade do vento, temperatura, etc.), ocorrentes durante a execução dos experimentos nas diferentes regiões estudadas.

#### **4 - MANEJO DA ÁGUA**

O manejo da água de irrigação compreende um conjunto de procedimentos que devem ser adotados para assegurar o suprimento adequado de água à cultura, durante suas diferentes fases de desenvolvimento, de forma eficiente e econômica, diminuindo as perdas de água e nutrientes, porém sem redução do rendimento. Frequentemente é antieconômico manter a cultura irrigada a um nível de potencial matricial que permita a máxima produtividade fisiológica (FRIZZONE, 1990).

##### **4.1 - PARÂMETROS BÁSICOS**

A chave para a eficiência da irrigação está relacionada ao conhecimento da distribuição da água disponível à cultura no perfil do solo e como a água atende às necessidades desse cultivo. Quando se

pretende irrigar uma cultura, deve-se considerar o fornecimento preciso de água a fim de minimizar os impactos ambientais negativos, como riscos de salinização do solo, contaminação dos recursos hídricos, conflitos com outros setores econômicos que também utilizam a água, entre outros (MANTOVANI et al., 2006). Há que se pensar ainda na redução dos custos de energia, como consequência do decréscimo das horas de bombeamento e na expansão da área agrícola irrigada em decorrência da maior disponibilidade deste recurso.

O manejo da irrigação pode ser feito com base nos dados coletados no solo, nas condições atmosféricas locais e por meio de medidas do consumo de água na própria planta. Essa última maneira, embora promissora, ainda está em fase experimental.

Tomando-se como referencial o solo, é importante conhecer sua umidade: limites superiores e inferiores de disponibilidade de água denominados, respectivamente, capacidade de campo (CC) e ponto de murcha (PM) – embora não exista uma definição clara sobre essa conceituação. Bernardo et al. (2006) sugerem que o solo a -10 kPa e a -1.500 kPa esteja em CC e PM, respectivamente.

#### 4.2 - MÉTODOS PARA O MANEJO DA ÁGUA

O manejo da irrigação pode ser feito por diferentes métodos, desde o mais simples (a aparência da planta) até os complexos esquemas de integração dos parâmetros meteorológicos, que envolvem o sistema solo - água - planta - atmosfera. Dentre os diferentes métodos, o uso do tanque Classe A, que mede a evaporação local, e do tensiômetro, que mede o potencial mátrico da água no solo, são os mais aplicados no manejo de água das culturas. Eles são de simples operação, baixo custo e sem muitas limitações, desde que manejados adequadamente, conforme mostrado a seguir:



Figura 2 - Métodos utilizados para o monitoramento da água de irrigação. (A) Tanque Classe A e (B) Tensiômetro. Fotos: W. F. Araújo.

#### 4.2.1 - MÉTODO DO TANQUE CLASSE A

É um método direto de medição da evaporação da água (ECA) e busca correlacionar os valores obtidos com as perdas de água por evapotranspiração (ETc) de áreas cultivadas. É bastante utilizado para o manejo de irrigação em perímetros irrigados.

O tanque Classe A (Figura 2A) é constituído de aço inoxidável ou galvanizado, com 121,9 cm de diâmetro interno e 25,4 cm de profundidade, devendo ser cheio com água até 5 cm da borda superior. Dentro do tanque, há um local onde se faz a leitura do nível de água, que é o poço tranquilizador, e o aparelho utilizado para as medições é chamado de micrômetro de gancho. O tanque é colocado sobre um estrado de madeira de 15 cm de altura, normalmente sobre uma superfície gramada.

Os processos de evaporação da água livre ocorridos no tanque (ECA) e a evapotranspiração da cultura (ETc) são semelhantes apenas nos seus aspectos físicos, devendo ser considerados dois coeficientes para relacioná-los: Kp (coeficiente do tanque) e Kc (coeficiente da cultura). Para converter ECA em Etc, utiliza-se a equação:  $ETc = ECA \times Kp \times Kc$  Onde: ETc = Evapotranspiração da cultura num determinado dia após a germinação (mm); ECA = Evaporação do Tanque observada no intervalo de tempo (mm); Kp = Coeficiente de tanque adimensional; Kc = Coeficiente de cultivo conforme a fase de desenvolvimento da cultura (adimensional).

O coeficiente de tanque ( $K_p$ ) é obtido empiricamente, levando-se em consideração o clima (umidade relativa e velocidade do vento), a condição do solo onde o tanque está colocado e sua extensão, conforme mostrado na Tabela 1.

O coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) expressa a demanda de água da planta em função do seu estágio de desenvolvimento. Conforme Andrade Junior et al (2000), a cultura do feijão-caupi apresenta os seguintes coeficientes de cultivo:

- 1ª fase - da sementeira até o início do crescimento das ramas ( $K_c = 0,5$ );
- 2ª fase - início do crescimento das ramas até o florescimento ( $K_c = 0,8$ );
- 3ª fase - florescimento até início do amadurecimento dos grãos ( $K_c = 1,05$ );
- 4ª fase - do início do amadurecimento dos grãos até a colheita ( $K_c = 0,75$ ).

Para exemplificar o cálculo da taxa de evapotranspiração diária de uma cultura ( $E_{Tc}$ ), considerar-se-á uma lavoura de feijão-caupi no início do florescimento ( $K_c = 1,05$ ) situada em uma região com velocidade do vento moderada (175 a 425 km dia<sup>-1</sup>), umidade relativa do ar superior a 70% e evaporação diária observada no tanque Classe A (ECA) igual a 7,0 mm, sendo esse instalado sob solo descoberto ( $K_p = 0,8$ ).

Assim, para calcular a lâmina evapotranspirada, utiliza-se a fórmula mencionada anteriormente, ficando, portanto:  $E_{Tc} = 7,0$  mm (ECA)  $\times 0,8$  ( $K_p$ )  $\times 1,05$  ( $K_c$ ) = 5,88 mm.

No caso da cultura ser irrigada por sulcos fechados com eficiência de irrigação de aproximadamente 50%, a lâmina de água necessária por irrigação (lâmina bruta de água – LB) para atender 100% da demanda da cultura pode ser calculada conforme segue:  $LB = (E_{Tc} / \text{eficiência de irrigação}) \times 100$ . Logo,  $LB = (5,88 / 0,50) \times 100 = 11,76$  mm dia<sup>-1</sup>, o que corresponde a um volume de 117.600 L ha<sup>-1</sup> de água dia<sup>-1</sup>.

#### 4.2.1.1 - VANTAGENS

- baixo custo de aquisição do equipamento e operacionalização, principalmente quando se usa o método de irrigação por aspersão;
- facilidade de instalação e operacionalização;
- utilizável em grandes áreas;
- não há restrições a qualquer tipo de solo e cultura;
- os dados podem ser estimados por informações de pesquisa.

#### 4.2.1.2 - LIMITAÇÕES

- utiliza-se modelo estatístico (com erro de estimativa associado);
- os valores de  $K_c$  podem estar sub ou superestimados;
- despreza a ascensão capilar;
- é susceptível a erro provocado pela ação de animais que podem beber água no tanque;
- exige o abastecimento frequente em áreas com altas taxas de evaporação e, também, lavagem do tanque pelo menos uma vez por mês;
- durante o período chuvoso, há a adição de água no tanque, tornando-se necessária a subtração da precipitação ocorrida no período.

#### 4.2.2 - MÉTODO DO TENSÍMETRO

Dentre os métodos utilizados para o controle da irrigação, o baseado na tensão da água no solo determinado por tensiômetro (Figura 2B) é o mais racional, pois determina o momento oportuno da irrigação e a quantidade de água a ser aplicada conforme a necessidade da cultura.

Para isso, utilizam-se duas baterias de tensiômetros, constituídos por duas unidades instaladas nas profundidades de 10 e 25 cm próximos ao sistema radicular das plantas. No caso da irrigação por sulcos, estas baterias devem ser instaladas uma no início e a outra no final dos sulcos de irrigação e, para os demais sistemas de irrigação,

instala-se uma bateria na parte mais alta e a outra na parte mais baixa do terreno, num local de fácil acesso.

#### 4.2.2.1 - VANTAGENS

- é adequado para o controle de irrigação;
- fácil instalação e operação;
- custo relativamente baixo;
- método amplamente difundido;
- facilita automação do sistema de irrigação.

#### 4.2.2.2 - LIMITAÇÕES

- podem se quebrar facilmente, durante sua instalação e remoção;
- variabilidade do tempo de resposta das cápsulas.

Gondim et al. (2000) conduziram um experimento com manejo da irrigação por aspersão para o feijão-caupi (cultivar João Paulo II), utilizando o tensiômetro de mercúrio, o Tanque Classe A e a equação de Hargreaves. Os autores observaram uma economia de água com o manejo pelo tensiômetro, de 28% e 23%, em relação aos manejos pelo Tanque classe A e pela equação de Hargreaves, respectivamente. Entretanto, não foram observadas diferenças significativas de produtividade de grãos entre os diferentes manejos. Para o feijão-caupi, o potencial mátrico máximo, no qual a cultura respondeu com rendimento ótimo, situou-se em torno de -0,04 MPa, medido a 0,15m de profundidade.

## 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura do feijão-caupi pode ser irrigada por qualquer sistema, proporcionando até duas safras por ano em determinados Estados da Região Amazônica, como por exemplo, Roraima. Entretanto, na Amazônia, a irrigação ainda não se constitui uma prática plenamente adotada para a cultura.

De modo geral, considera-se que o feijão-caupi adapta-se tanto ao sistema de irrigação por aspersão quanto por sulcos. O sistema de aspersão mais utilizado é o pivô central, que é adequado para grandes áreas, de relevo plano, exigindo pouca mão-de-obra, mas com elevado custo inicial de investimento. Por outro lado, a irrigação por sulcos é mais adequada para pequenas áreas, especialmente devido ao baixo investimento inicial, sendo, no entanto, exigente em água e mão-de-obra.

É importante salientar que, independentemente do sistema de irrigação utilizado, o manejo da água de irrigação representa um fator chave para o sucesso da lavoura, pois a mesma deve ser fornecida no momento oportuno e na quantidade adequada para os diferentes estádios de desenvolvimento das plantas. Para isto, os métodos mais simples e utilizados são o tanque Classe A e o tensiômetro.

Finalmente, vale destacar que na Amazônia o chamado cultivo de vazante (ver Capítulo 2, item "Cultivo de Feijão-Caupi em Várzeas ou Praias"), constitui-se em uma prática frequentemente adotada visando ao aproveitamento da água armazenada no solo para as culturas. Esta prática permite o plantio do feijão-caupi durante o período seco do ano, nas várzeas dos rios e/ou igarapés, que são inundadas durante a época chuvosa e vão sendo descobertas progressivamente ao longo do ano.

Tal prática representa uma alternativa principalmente para pequenos produtores de feijão-caupi, tendo em vista a adaptação da cultura a essa condição de cultivo; pois a planta apresenta baixa exigência em solo, ciclo curto (60 a 80 dias) e baixa demanda por água, proporcionando produtividade média de grãos acima 1.000 kg ha<sup>-1</sup> (MOLLE; CADIER, 1992).

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, J. V. **Determinação do consumo de água e da função de produção do caupi irrigado no Município de Bragança – Pará.** 1989. 106 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará.
- AGUIAR, J. V.; LEMOS, J. de J. S. Produção de caupi irrigado em Bragança, Pará. **R. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 30, n.3, p.239-252, 1992.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, B. H. N.; BASTOS, E. A. Irrigação. In: Cardoso, M. J. (Org.). **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. p.127-154. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28).
- BASTOS, E. A.; FERREIRA, V. B.; SILVA, C. R. da; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no vale do Gurguéia-PI. **Irriga**, Botucatu, v. 13, p.182-190, 2008.
- BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação.** Viçosa: Editora UFV, 2006. 625 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento brasileiro da safra de grãos 2007/2008:** décimo primeiro levantamento. 2008a. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 25 jul. 2008a.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento brasileiro da safra de grãos 2007/2008:** décimo segundo levantamento, set. 2008b. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 27 out. 2008b.
- FANCELLI E, A. L.; DOURADO NETO, D. **Feijão irrigado:** Estratégia Básica de manejo. Piracicaba: Publique. 1999. 194 p.
- FRIZZONE, J. A. **Controle de irrigação.** Piracicaba: ESALQ / Departamento de Engenharia Rural. 1990. 25 p. (Notas de aula).
- FRIZZONE, J.A. **Irrigação por aspersão:** uniformidade e eficiência. Piracicaba: ESALQ, 1992. 53 p.

FRIZZONE, J. A.; REZENDE, R.; GONÇALVES, A. C. A.; HELBEL JUNIOR, G. Produtividade do feijoeiro sob diferentes uniformidades de distribuição de água na superfície e na subsuperfície do solo. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v.21, n.2, p. 414-425. 2007.

GONDIM, R. S.; AGUIAR, J. V.; COSTA, R. N. T. Estratégias de manejo de água em caupi irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.1, p.14-18, 2000.

LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; ANDRADE, A. P.; SOUZA, C.; SOARES, W. A.; SOUZA, E. S.; SILVA, I. F. Comparação da sonda de nêutrons e de sensores tipo TDR para a determinação dos componentes do balanço hídrico no solo e evapotranspiração do feijão caupi. **Agropecuária Técnica**, Areia, v.27, n.1, p.21-29, 2006.

MANTOVANI, E. C; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação princípios e métodos**. Viçosa: Ed. Viçosa; Ed. UFV, 2006. 318 p.

MEDEIROS, R. D. de; ARAÚJO, W. F.; COSTA, M. C. Efeito de sistemas de preparo do solo e métodos de irrigação sobre a cultura do caupi em várzeas em Roraima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9. n. 2. p. 205-209, 2005.

MOLLE, F; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife: SUDENE-DPG-DPP-APR, 1992. 511 p.

PIMENTEL, G. B. M.; CHAVES, R. S. Produtividade do caupi sob diferentes sistemas de manejo de um solo de várzea do médio Amazonas Paraense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.1, p.135-8, 1993.

ROCHEDO, P. R. C.; SHUCH, L. O. B.; ZONTA, E. P.; VERNETTI JÚNIOR., F. J. Competição de cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob dois métodos de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1998. p.11-21.

SEDIYAMA, G. C. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. i-xii, 1996.

SOUZA, M. S. M.; BIZERRA, F. M. L.; TEÓFILO, E. M. Coeficientes de cultura do feijão caupi na Região Litorânea do Ceará. *Irriga*, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 241-248, 2005.

WITHERS, B.; VIPOND, S. *Irrigação: Projeto e Prática*. São Paulo: E.P.U., 1977. 339 p.

ZAFFARONI, E.; BARROS, H. H. DE; NOBREGA, J. A. M.; LACERDA, J. T. de; SOUZA JUNIOR, V. E. de. Efeito de métodos de preparo do solo na produtividade e outras características agrônômicas de milho e feijão no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 15, n.1, p. 187-9, 1991.