

# MANEJO ECONÔMICO DA IRRIGAÇÃO DE FEIJÃO CAUPI VIA MODELO DE SIMULAÇÃO<sup>1</sup>

**Edson Alves Bastos**

*Embrapa Meio-norte - UEP/Parnaíba - Cx. Postal 341 CEP:64202-020, Parnaíba-PI*

*e-mail: [edsonuep@secrel.com.br](mailto:edsonuep@secrel.com.br)*

**Marcos Vinícius Folegatti**

*ESALQ/USP - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Departamento de Engenharia Rural*

*Cx. Postal 09 CEP: 13418-900, Piracicaba-SP*

**Aderson Soares de Andrade Júnior**

**Milton José Cardoso**

*Embrapa Meio-Norte - Cx. Postal 01 CEP: 64006-220, Teresina-PI*

**Rogério Teixeira de Faria**

*IAPAR - Cx. Postal 481, CEP: 86001-970, Londrina-PR*

## 1 RESUMO

O presente estudo teve por objetivo identificar estratégias econômicas de manejo de irrigação em feijão caupi, nas condições de solo e clima dos municípios de Parnaíba e Teresina, Piauí, Brasil. Foram simulados 20 tratamentos, originados da combinação de cinco níveis de água no solo (60, 50, 40, 30% da Capacidade de Água Disponível 'CAD' e sem irrigação) com quatro épocas de semeadura (15/06, 15/07, 15/08 e 15/09), utilizando-se o modelo CROPGRO-cowpea/DSSAT. As simulações foram realizadas para um período de 9 anos (1990 a 1998), em Parnaíba, e 22 anos (1977 a 1998), em Teresina. A análise da estratégia ótima do manejo de irrigação foi feita com base na dominância de Gini. Os resultados evidenciaram que, nos dois municípios, a semeadura em 15/06 foi a mais favorável para o cultivo irrigado do feijão caupi, devendo-se manter o teor de água no solo em níveis de até 50% da CAD.

**UNITERMOS:** *Vigna unguiculata*, feijão-de-corda, DSSAT,

**BASTOS, E.A, FOLEGATTI, M.V, ANDRADE JÚNIOR, A.S., CARDOSO, M.J., FARIA, R.T.**  
**ECONOMIC IRRIGATION MANAGEMENT IN COWPEA CROP BY SIMULATION MODEL**

## 2 ABSTRACT

The objective of this study was to identify economic strategies of irrigation management, in the soil and meteorological conditions of Parnaíba and Teresina, Piauí, Brazil. Twenty treatments were simulated combining five soil water levels (60, 50, 40, 30 % of soil water available 'SWA' and without irrigation) and four planting dates (15/06, 15/07, 15/08 and 15/09), using the CROPGRO-cowpea/DSSAT model. The simulations included a period of 9 years (1990 to 1998) for Parnaíba and 22 years (1977 to 1998) for Teresina. The treatments were analyzed from Mean-Gini Dominance. The results showed that the best strategy is an irrigation management with 50% of SWA and a planting date in 15/06.

**KEYWORDS:** *Vigna unguiculata*, beans, DSSAT.

---

<sup>1</sup> Parte da tese de doutorado do primeiro autor. PG Irrigação e Drenagem, ESALQ/USP.

### 3 INTRODUÇÃO

Apesar de ser considerada uma cultura tolerante à seca, pesquisas têm demonstrado que a ocorrência de déficit hídrico no feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), principalmente nas fases de florescimento e enchimento de grãos, pode provocar severas reduções na produtividade de grãos (Babalola, 1980; Labanauskas et al., 1981; Shouse et al., 1981; Shouse et al., 1982; Costa et al., 1997; Cordeiro et al., 1998; Santos et al., 1998).

Os trabalhos visando um manejo adequado da irrigação do feijão caupi têm enfatizado basicamente a resposta da cultura à aplicação de lâminas de irrigação, isoladamente ou associadas ao uso de algum nutriente. Dentre esses trabalhos, destacam-se os de Silva (1978), Espínola et al. (1992), Nogueira & Nogueira (1995), Andrade Júnior et al. (1998), Andrade Júnior et al. (1999) e Lima et al. (1999), os quais constataram o efeito positivo da aplicação de lâminas de irrigação sobre a produtividade de grãos desta cultura.

Da mesma forma, foram desenvolvidos estudos de manejo de irrigação em feijão caupi, com base em informações relacionadas com o conteúdo e/ou potencial de água no solo (Silva & Millar, 1981; Ziska et al., 1985; Bezerra & Saunders, 1992)

No entanto, poucos trabalhos têm sido realizados visando a viabilidade econômica da irrigação em caupi. Cardoso et al. (1995) procederam a uma avaliação agroeconômica da produção de sementes da cultivar BR 14 Mulato nas condições de solo e clima de Teresina, Piauí. Verificaram que a condução da cultura, objetivando a produção de sementes, apresentou elevada rentabilidade econômica, obtendo-se, por hectare, uma receita líquida de R\$ 3.674,61 e uma relação benefício/custo da atividade de 4,78.

Peiter (1998) comenta sobre as dificuldades de pesquisas visando a escolha de estratégias ótimas de irrigação pois, normalmente, são exigidas grandes áreas e repetições anuais, gerando custos muito elevados. Entretanto, a maximização da renda líquida ao produtor é cada vez mais necessária, em função do crescente aumento no custo e na disponibilidade da água, aliada à instabilidade dos valores de mercado dos produtos agrícolas. Como alternativa, destaca-se o uso de modelos de simulação de cultura, uma vez que, por meio deles, pode-se testar diferentes estratégias de manejo, com significativas reduções de tempo, mão-de-obra e recursos financeiros.

Nesse contexto, destaca-se o sistema DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer), que é um conjunto de modelos de crescimento de cultura (CROPGRO-dry bean; CROPGRO-soybean; CROPGRO-peanut; CERES-mayze; CERES-wheat etc) (Tsuji et al., 1994). Estes modelos têm sido aplicados eficientemente em todo o mundo para auxiliar pesquisadores e/ou produtores no planejamento e manejo da produção agrícola.

Dessa forma, o presente estudo teve por objetivo, aplicar o modelo CROPGRO-cowpea (Bastos, 1999), a fim de identificar estratégias econômicas de manejo de irrigação em feijão caupi, nas condições de solo e clima dos municípios de Parnaíba e Teresina, Piauí.

### 4 MATERIAL E MÉTODOS

#### 4.1 Caracterização do solo e clima

Para realizar as simulações foi criado um banco de dados com as características de solo e clima dos dois locais. Os solos onde foram conduzidos os experimentos foram: Aluvial Eutrófico em Teresina e Areia Quartzosa em Parnaíba. Um resumo das características químicas e físico-hídricas destes solos encontra-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. As curvas de retenção dos dois solos encontram-se na Figura 1 e a relação entre os potenciais matriciais e a capacidade de água disponível do solo (CAD) está apresentada na Tabela 3.

Tabela 1. Resumo das características químicas dos solos das áreas experimentais dos municípios de Teresina e Parnaíba, Piauí.

Município	Tipo de Solo	pH em Água (1:2,5)	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>				
			mg.dm <sup>-3</sup> P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>
Teresina	AE	6,0	37,6	160,9	37,0	21,0	0,9
Parnaíba	AQ	6,0	15,0	110,0	30,0	13,0	0,0

Fonte: Laboratório de Fertilidade de Solos da Embrapa Meio-Norte.  
AE = Aluvial Eutrófico; AQ = Areia Quartzosa;

Tabela 2. Resumo das características físico-hídricas dos solos das áreas experimentais dos municípios de Teresina e Parnaíba, Piauí.

Solo	Composição granulométrica (%)			Densidade (g.cm <sup>-3</sup> )	Umidade (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )		
	Areia	Silte	Argila		θ <sub>SAT</sub>	θ <sub>CC</sub>	θ <sub>PMP</sub>
AE <sub>(0-20)</sub>	12	51	37	1,17	0,402	0,195	0,069
AE <sub>(20-40)</sub>	24	50	26	1,45	0,391	0,242	0,083
AQ <sub>(0-20)</sub>	65	25	10	1,63	0,171	0,139	0,042
AQ <sub>(20-40)</sub>	84	9	7	1,63	0,210	0,175	0,058

Fonte: Laboratório de Fertilidade de Solos da Embrapa Meio-Norte.

AE = Aluvial Eutrófico; AQ = Areia Quartzosa. Números entre parênteses significam a profundidade do solo (cm)

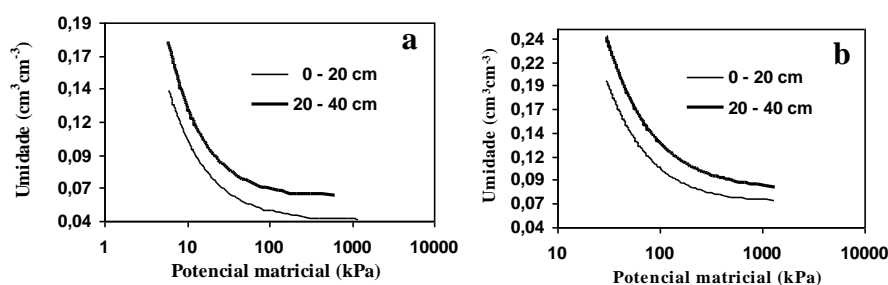


Figura 1 -Curva de retenção dos solos de Parnaíba (a) e de Teresina (b) para duas profundidades

Tabela 3. Relação entre o potencial matricial (Ψ<sub>m</sub>) e a capacidade de água disponível (CAD) para os solos de Parnaíba e Teresina.

CAD (%)	Ψ <sub>m</sub> (-kPa)	
	Parnaíba	Teresina
30	21,5	90,2
40	15,8	69,9
50	12,4	58,0
60	10,0	48,9

Ressalta-se que as curvas de retenção dos dois solos foram ajustadas pelo modelo de Van Genuchten (1980), utilizando-se o programa computacional Soil Water Retention Curve (SWRC)<sup>2</sup>. O clima dos dois municípios é Aw' segundo a classificação de Köppen, com umidade do ar média anual em torno de 75 % e precipitação pluviométrica média anual entre 1.200 e 1.400 mm.

#### 4.2 Estrutura do modelo CROPGRO-cowpea

O CROPGRO-cowpea (Bastos, 1999), que é uma adaptação do modelo CROPGRO-dry bean (Tsuji et al., 1994; Boote et al., 1998a; 1998b), simula o crescimento e desenvolvimento do feijão caupi.

Para desenvolvê-lo foram elaborados arquivos de espécie (.SPE), de cultivar (.CUL) e de ecótipo (.ECO) para o feijão caupi a partir de observações experimentais e de informações da literatura. Foram criados arquivos de solo e de clima da região onde foram conduzidos os experimentos (Bastos, 1999).

Os arquivos relacionados com a planta de feijão caupi foram criados através de modificações nos arquivos originais do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), uma das leguminosas integrantes do CROPGRO. Estas adaptações são possíveis dentro da estrutura do CROPGRO e foi uma prática adotada para criação dos modelos de amendoim (PNUTGRO) e feijão (BEANGRO), que tiveram por base o modelo da soja (SOYGRO) (Hoogenboom et al., 1992).

#### 4.3 Avaliação econômica do manejo da irrigação

Para realizar a avaliação do manejo econômico da irrigação da cultura do feijão caupi (cv. BR 17 Gurguéia), foram simulados 20 tratamentos, originados da combinação de cinco níveis de umidade no solo com quatro épocas de semeadura (Tabela 4). Em função da disponibilidade de dados climáticos, foram aplicadas 9 e 22 repetições para Parnaíba e Teresina, respectivamente. Estas simulações foram feitas através do módulo "SEASONAL" do sistema DSSAT (Tsuji et al., 1994), que permite a utilização de séries históricas de dados climáticos. A caracterização dos experimentos simulados foi feita em arquivos do tipo .SNX (no módulo SEASONAL). Neste arquivo o manejo da irrigação foi definido com as seguintes características:

- Profundidade de manejo da irrigação: 20 cm;
- Limite inferior da capacidade de água disponível (CAD): 30, 40, 50 ou 60%, conforme o tratamento utilizado;
- Limite superior da CAD: 100%;
- Método de irrigação: aspersão convencional;
- Lâmina de irrigação (pré-fixada): 10mm (Parnaíba) e 20mm (Teresina);
- Eficiência do sistema de irrigação: 0,75 (Parnaíba) e 0,80 (Teresina);
- Estádio da planta em que finalizou a irrigação: Plantas com 50% das vagens amareladas;

Os dados econômicos requeridos pelo modelo, com os respectivos preços utilizados (vigentes em agosto de 1999, no mercado de Teresina, Piauí), foram:

- Preço de venda do grão (R\$.t<sup>-1</sup>) = 1.000,00;
- Custo com adubo nitrogenado (R\$.kg<sup>-1</sup>) = 0,30;
- Custo com aplicação de nitrogênio (mão-de-obra) (R\$) = 12,00;
- Custo com a irrigação (R\$.mm<sup>-1</sup>) = 0,50;
- Custo com a aplicação da lâmina de irrigação (mão-de-obra) (R\$) = 12,00;

---

<sup>2</sup> DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; PARLANGE, M.B. SWRC v1.0, 1995. Departamento de Agricultura, ESALQ/USP.

- Custo básico de produção (desconsiderando água e N) (R\$.ha<sup>-1</sup>) = 600,00

A análise da estratégia ótima do manejo da irrigação para a produção de grãos do feijão caupi foi feita com base na dominância de Gini ("Mean-Gini Dominance") (Thornton et al., 1994), comparando-se todos os tratamentos (Tabela 4), dois a dois. De acordo com esse método, um tratamento (Tx) é mais eficiente que outro (Ty), se:

$$E(Tx) \geq E(Ty) \text{ e } E(Tx) - \Gamma(Tx) \geq E(Ty) - \Gamma(Ty)$$

Em que, no presente estudo:

E(.) = Receita líquida média (R\$.ha<sup>-1</sup>) do tratamento considerado.

$\Gamma$ (.) = coeficiente de distribuição de Gini do tratamento considerado (R\$.ha<sup>-1</sup>)

O coeficiente de Gini ( $\Gamma$ ) corresponde à metade do valor da "diferença média de Gini" (DMG), a qual é dada pela seguinte equação:

$$DMG = |A - B| \quad (1)$$

Em que, A e B correspondem a valores aleatórios atribuídos para cada tratamento.

Tabela 4 - Tratamentos utilizados na avaliação econômica do manejo de irrigação para a produção de grãos de feijão caupi, utilizando-se o modelo CROPGRO-cowpea.

Tratamentos	Época de semeadura	Níveis de água no solo (% CAD) <sup>1</sup>
T1	15/06	60%
T2	15/06	50%
T3	15/06	40%
T4	15/06	30%
T5	15/06	Sem irrigação
T6	15/07	60%
T7	15/07	50%
T8	15/07	40%
T9	15/07	30%
T10	15/07	Sem irrigação
T11	15/08	60%
T12	15/08	50%
T13	15/08	40%
T14	15/08	30%
T15	15/08	Sem irrigação
T16	15/09	60%
T17	15/09	50%
T18	15/09	40%
T19	15/09	30%
T20	15/07	Sem irrigação

<sup>1</sup> Capacidade de água disponível no solo

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5 encontram-se os valores médios de produtividade de grãos e de receita líquida, resultantes da simulação de tratamentos com diferentes níveis de irrigação e épocas de semeadura, para os municípios de Parnaíba e Teresina, Piauí.

Em Parnaíba, as receitas máximas (1.088,00 e 1.076,00 R\$.ha<sup>-1</sup>) foram obtidas com os tratamentos que indicam reiniciar a irrigação quando o solo estiver com 50 e 40% da capacidade de água disponível (CAD), respectivamente. Os respectivos potenciais matriciais ( $\psi_m$ ) para esses valores de CAD são -12,4 e -15,8 kPa (Tabela 3). Apesar de elevados, estes valores de  $\psi_m$  estão coerentes em se tratando de um solo arenoso como o de Parnaíba.

Apesar dos resultados simulados terem demonstrado que a semeadura em 15/06 é a mais favorável para o feijão caupi sob irrigação do ponto de vista econômico, observou-se que a semeadura nos outros meses (julho, agosto e setembro), possibilita ao agricultor auferir receitas líquidas positivas com o cultivo irrigado: 925,00 R\$.ha<sup>-1</sup> (semeadura em 15/07); 831,00 R\$.ha<sup>-1</sup> (semeadura em 15/08) e 839,00 R\$.ha<sup>-1</sup> (semeadura em 15/09) (Tabela 5). Para a obtenção dessas receitas, o modelo também indica manter o teor de água no solo em níveis de até 50% da CAD.

Em Teresina, os resultados demonstraram que a estratégia ótima econômica é estabelecer o reinício da irrigação quando o solo atingir 30% da CAD, o que corresponde à uma depleção da água no solo de 70%. Ziska et al. (1985) obtiveram resultados semelhantes, constatando que o manejo da irrigação em feijão caupi, efetuado quando o solo atingia 75% da água disponível, proporcionou elevada produtividade de sementes (2,22 t.ha<sup>-1</sup>).

Nesse contexto, pode-se inferir que, em Teresina, o irrigante pode adotar um manejo de irrigação com menor frequência e maiores lâminas de água em relação à Parnaíba. Considerando as características físico-hídricas destes solos, esses resultados estão coerentes, pois o solo Aluvial Eutrófico de Teresina, por possuir maior teor de argila e silte (Tabela 2), apresenta uma maior capacidade de retenção de água e, dessa forma, suporta aplicações de água em quantidades mais elevadas, quando comparado ao solo de Parnaíba (Areia Quartzosa).

Entretanto, o valor de 70% para ser usado como depleção de água no solo (30% da CAD) é muito alto, especialmente se for considerada a ocorrência comum de elevadas temperaturas do ar (> 35°C) em Teresina, nessa época do ano. De acordo com Doorenbos & Kassam (1994), o fator de depleção ou de esgotamento de água no solo deve ser escolhido em função da cultura e da evapotranspiração máxima (ETM). No referido trabalho, não há recomendação para o feijão caupi, porém, para leguminosas como o feijão comum e o amendoim, um consumo de água até 70% da CAD só é indicado se a ETM, no local, for em torno de 3 mm.dia<sup>-1</sup>.

Considerando-se que em Teresina os valores de ETM podem chegar até 6mm/dia (observações experimentais) e que a diferença da receita líquida entre os tratamentos T2 e T4 foi de apenas R\$ 38,00 (Tabela 5), pode-se recomendar, como estratégia de manejo, reiniciar a irrigação quando o solo atingir 50% da CAD, o que corresponde a um potencial matricial de -58 kPa (Tabela 3). Apesar de relativamente baixo, este valor é coerente para um solo Aluvial Eutrófico e está de acordo com o potencial crítico para o feijão caupi recomendado por Silva & Millar (1981); Bezerra & Saunders (1992) e Lima et al. (1999), cujos trabalhos foram conduzidos em solos de textura semelhante.

O fato de não se recomendar o tratamento indicado pelo modelo como o mais eficiente, não significa que houve erros de simulação. Thornton et al. (1994) alertam que deve-se ter cuidado ao se interpretar os resultados indicados pela "análise de estratégia" no módulo "seasonal" do DSSAT, pois nem sempre, os resultados podem estar coerentes. Entretanto, constitui-se numa importante ferramenta para orientar o pesquisador na escolha das opções de tratamentos que merecem ser investigadas posteriormente.

Ainda com relação a Teresina, percebe-se que os valores de receita líquida são negativos para os tratamentos que consideraram a época de semeadura em 15/08 e 15/09, em qualquer dos níveis de irrigação. Pode-se observar que nestes tratamentos a produtividade de grãos foi baixa, variando de 784 a 827 kg.ha<sup>-1</sup> (semeadura em 15/08) e de 840 a 893 kg.ha<sup>-1</sup> (semeadura em 15/09) (Tabela 5). Esta tendência foi constatada na fase de calibração do modelo CROPGRO-cowpea (Bastos, 1999), o que

reforça a boa performance do modelo em estimar a produtividade de grãos da cultura do feijão caupi nos locais considerados.

Os resultados das simulações de produtividade de grãos e de receita líquida para os dois municípios (Tabela 5) demonstraram que não é possível o cultivo do feijão caupi no segundo semestre sem o uso da irrigação. Isto é devido à baixa precipitação pluviométrica no período, que variou de 7,2 a 48 mm (média de 9 anos), em Parnaíba, e de 23,9 a 77 mm (média de 22 anos), em Teresina.

De acordo com os resultados da evapotranspiração da cultura (ETC), da quantidade de água aplicada e da precipitação (Tabela 6), observa-se que os tratamentos que consideraram a manutenção do teor de água no solo em níveis de até 50% da CAD, proporcionaram uma irrigação sem déficit hídrico nos dois municípios e devem ser recomendados ao produtor. Nestes tratamentos, as lâminas de irrigação indicadas pelo modelo estão de acordo com aquelas aplicadas por Andrade et al. (1998) e Andrade et al. 1999).

Tabela 5. Valores médios de produtividade de grãos (PG) e de receita líquida (RL) simulados pelo modelo CROPGRO-cowpea, para os municípios de Parnaíba e Teresina, Piauí.

Tratamentos	Parnaíba		Teresina	
	PG (kg.ha <sup>-1</sup> )	RL (R\$.ha <sup>-1</sup> )	PG (kg.ha <sup>-1</sup> )	RL (R\$.ha <sup>-1</sup> )
T1	2.083	1.063,00	1.579	574,00
T2	2.059	<b>1.088,00</b>	1.556	626,00
T3	1.997	<b>1.076,00</b>	1.537	651,00
T4	1.946	1.058,00	1.515	<b>664,00</b>
T5	261	- 398,00	333	- 312,00
T6	1.991	901,00	1.064	12,00
T7	1.959	<b>925,00</b>	1.045	71,00
T8	1.904	923,00	1.029	107,00
T9	1.817	886,00	1.010	<b>128,00</b>
T10	176	- 484,00	254	- 391,00
T11	1.930	811,00	827	- 239,00
T12	1.885	<b>831,00</b>	813	- 165,00
T13	1.812	809,00	797	- 128,00
T14	1.687	746,00	784	- 101,00
T15	175	- 484,00	212	- 433,00
T16	1.900	810,00	893	- 123,00
T17	1.863	<b>839,00</b>	875	- 56,00
T18	1.769	800,00	858	- 26,00
T19	1.647	726,00	840	- 6,00
T20	171	-489,00	301	- 343,00

Valores em negrito representam as receitas máximas para cada mês.

Tabela 6. Precipitação (P) média e valores médios simulados da evapotranspiração da cultura (ETC) e da lâmina de irrigação (L), para Parnaíba e Teresina, Piauí.

Tratamento	Parnaíba			Teresina		
	ETC (mm)	L (mm)	P <sup>1</sup> (mm)	ETC (mm)	L (mm)	P <sup>2</sup> (mm)
T1	290	273	48	337	304	25,7
T2	279	252	48	306	260	25,7
T3	268	229	48	292	235	25,7
T4	259	212	48	278	213	25,7
T5	120	0	48	133	0	25,7
T6	313	327	15,7	373	345	23,9
T7	297	303	15,7	340	302	23,9
T8	285	282	15,7	319	271	23,9
T9	270	256	15,7	302	246	23,9
T10	95,3	0	15,7	129	0	23,1
T11	320	351	1,0	392	356	38,4
T12	302	322	1,0	354	307	38,4
T13	289	302	1,0	334	274	38,4
T14	268	264	1,0	316	248	38,4
T15	85	0	1,0	141	0	35,4
T16	304	323	7,2	370	312	77
T17	286	298	7,2	337	263	77
T18	271	273	7,2	317	234	77
T19	251	242	7,2	302	208	77
T20	89	0	7,2	162	0	71,3

<sup>1</sup> Valores médios referentes ao período de 1990 a 1998.

<sup>2</sup> Valores médios referentes ao período de 1977 a 1998.

## 6 CONCLUSÕES

Nos dois locais estudados, o manejo de irrigação que maximiza a receita líquida ao produtor de feijão caupi é manter o teor de água no solo em níveis de até 50% da capacidade de água disponível.

A semeadura em 15/06 é a mais indicada para o cultivo irrigado do feijão caupi. Em Parnaíba, é possível estender a semeadura até o mês de setembro, obtendo-se receitas líquidas positivas, entretanto, em Teresina, esse período se restringe até o mês de julho.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, B. H. N.; CARDOSO, M. J.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; MELO, F. B. Níveis de irrigação e produtividade de grãos secos de feijão caupi. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12, 1998, Fortaleza. **Resumos Expandidos**. Fortaleza, SBCC : UFCE, 1998, p. 83 – 84.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, B. H. N.; FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B. Níveis de irrigação na cultura do feijão caupi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. **Anais**. Pelotas: FEA/UFPEL/SBEA, 1999. (CD-ROM).



- BABALOLA, O. Water relations of three cowpea cultivars (*Vigna unguiculata*, L.) **Plant and Soil**, v.56, p.59-69, 1980.
- BASTOS, E.A. Adaptação do modelo CROPGRO para simulação do crescimento e desenvolvimento do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Piracicaba, 1999, 91p. Tese (Doutoramento). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. (defesa prevista para dezembro/1999)
- 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**, Fortaleza, v. 23, n. 1/2, p. 39-44, 1992.
- BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; HOOGENBOOM, G. Simulation of crop growth: CROPGRO model. In: PEART, R.M.; CURRY, R.B.(Eds.) **Agricultural systems modeling and simulation**. New York: Marcel Dekker, INC, p. 651-691, 1998a.
- BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; HOOGENBOOM, G.; PICKERING, N.B. The CROPGRO model for grain legumes. In: TSUJI, G.Y.; HOOGEBOOM, G.; THORNTON, P.K.(Eds.) **Understanding options for agricultural production**. Dordrecht: Kluwer, p. 99-128, 1998b.
- 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 Meio-Norte, 1995. 6 p. (Comunicado técnico, 62).
- CORDEIRO, L.G.;BEZERRA, F.M.L.; SANTOS, J.J.A.; MIRANDA, E.P. Avaliação da produtividade do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27. 1998. Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: SBEA/UFLA, 1998, v.2, p.181-183.
- COSTA, M.M.M.N.; TAVORA, R.J.A.F.; PINHO, J.L.N.; MELO, F.I.O. Produção, componentes de produção, crescimento e distribuição das raízes de caupi submetido à deficiência hídrica. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.32, n.1, p. 43-50, 1997.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. GHEYI, H.R.; SOUSA, A.A.; DAMASCENO, F.A.V.; MEDEIROS, J.F. (trad.). Campina Grande: UFPB, 1994, 306p. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem, 33)
- ESPÍNOLA, F. C. S.; MEDINA, B. F.; MAIA NETO, J. M.; NOGUEIRA, F. C.; AMARO FILHO, J.; MEDEIROS FILHO, J. C. Resposta do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) a diferentes níveis de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., Natal, 1992. **Anais**. Fortaleza: ABID, 1992. p.971-995.
- HOOGENBOOM, G.; JONES, J.W.; BOOTE, K.J. Modeling growth, development, and yield of grain legumes using soygro,pnutgro, and beangro: a review. **Transaction of the ASAE.**, v. 35, n.6, p. 2043-2055, 1992.
- LABANAUSKAS, C.K.; SHOUSE, P.; STOLZY, L.H. Effects of water stress at various growth stages on seed yield and nutrient concentrations of field-grown cowpeas. **Soil Science**, v.131, n.4, p.249-256, 1981.
- LIMA, G.P.B.; AGUIAR, J.V.; COSTA, R.N.; PAZ, V.P.S. Rendimento de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) submetidas a diferentes lâminas de irrigação. **Irriga**, v.4, n.3, p. 205-212, 1999.
- NOGUEIRA, L. C.; NOGUEIRA, L. R. Q. **Distribuição do sistema 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).
- PEITER, M.X. Estudo do manejo da irrigação via modelo de simulação. São Carlos, 1998. 183p. Tese (doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- SANTOS, J.J.A.; BEZERRA, F.M.L.; MIRANDA, E.P.; CORDEIRO, L.G. Determinação da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e evapotranspiração máxima (E<sub>m</sub>) em diferentes fases fenológicas do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27. 1998. Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: SBEA/UFLA, 1998, v.2, p.184-186.
- SHOUSE, P.; DASBERG, S.; JURY, W.A. STOLZY, L.H. Water deficit effects on water potential, yield and water use of cowpeas. **Agron. J.**, v. 73, p.333-336, 1981.
- SHOUSE, P.; JURY, W.A.; STOLZY, L.H.; DASBERG, S. Field measurement and modeling of cowpea water use and yield under stressed and well-watered growth conditions. **Hilgardia**, v.50, n.6, p. 1-25, 1982.
- SILVA, M. A. Efeito da lâmina de água e da adubação nitrogenada sobre a produção de feijão-de-corda ( *Vigna sinensis* L. Savi ), utilizando o sistema de irrigação por "aspersão em linha". Viçosa, 1978. 53p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- SILVA, M. A.; MILLAR, A. A. Evapotranspiração do feijão-de-corda. In: **Pesquisa em irrigação no trópico Semi - Árido: solo, água, planta**. Petrolina : EMBRAPA/ CPATSA, 1981a. p. 15-24. (EMBRAPA/CPATSA. Boletim de Pesquisa, 4).
- THORNTON, P.K.; HOOGENBOOM, G.; WILKENS, P.W.; JONES, J.W. Analyzing seasonal analysis experiments. In: TSUJI, G.Y.; UEHARA, G.; BALAS, S. (Eds.). **DSSAT v3**. Honolulu: University of Hawaii, v.3., p. 23-65, 1994.
- TSUJI, G.Y.; UEHARA, G.; BALAS, S. (Eds.). **DSSAT v3**. University of Hawaii, Honolulu , Hawaii. 3v, 1994a, 679p.
- VAN GENUCHTEN, M. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society American Journal**, v.41, p.892-898, 1980.
- ZISKA, L. H.; HALL, A. E.; HOOVER, R. M. Irrigation management methods for reducing water use of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) and lima bean (*Phaseolus vulgaris* L.) while maintaining seed yield at maximum levels. **Irrigation Science**, v. 6, 1985. p. 223-239.