

# Viabilidade econômica do cultivo irrigado do feijão-caupi no Estado do Piauí

Francisco Edinaldo Pinto Mousinho<sup>1\*</sup>, Aderson Soares de Andrade Júnior<sup>2</sup> e José Antonio Frizzone<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Campus Agrícola da Socopo, 64000-000, Teresina, Piauí, Brasil. <sup>2</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Teresina, Piauí, Brasil.

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: fepmousi@ufpi.br

**RESUMO.** O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade econômica da irrigação do feijão-caupi no Estado do Piauí. Realizaram-se balanços hídricos de cultivo em escala diária, utilizando o método de Thornthwaite e Mather (1955), para 165 locais, considerando-se 12 datas de semeadura e capacidade de água disponível no solo (CAD) de 20, 40 e 60 mm. As receitas líquidas foram estimadas com uma probabilidade de ocorrência de 75%, sendo posteriormente, especializadas para o Estado do Piauí. O cultivo irrigado do feijão-caupi, no Piauí, mostrou-se economicamente viável para todas as datas de semeadura, independentemente da CAD utilizada, com as receitas líquidas variando para as diversas regiões do Estado, em função da época de semeadura e da CAD. Considerando-se uma estratégia de planejamento em nível estadual, a semeadura em 1º de fevereiro foi a que se mostrou mais favorável, pois proporcionou a obtenção de maiores valores de receitas líquidas, bem como maiores áreas do Estado ocupadas por estas.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*, balanço hídrico, geoprocessamento.

**ABSTRACT. Economic feasibility of cowpea irrigation in Piauí State.** The objective of this work was to evaluate the economic feasibility of cowpea irrigation in Piauí State, Brazil. Water balances were carried out on a daily basis using the Thornthwaite and Mather (1955) method, for 165 sites, considering twelve sowings dates and available water capacity in the soil of 20, 40 and 60 mm. The net revenues were estimated with a probability of occurrence of 75%, later being spatialized to Piauí State. Cowpea irrigation was shown to economically viable for all sowing dates, irrespective of the available water capacity. Net revenues varied among several regions of the State, in function of the sowing date and available water capacity in the soil. Considering a planning strategy for Piauí State, sowing on February, 1 was shown to be most favorable, because it enabled higher net revenue values, covering larger areas of the State.

**Key words:** *Vigna unguiculata*, water balance, geoprocessing.

## Introdução

A agricultura, em função das características inerentes à planta, ao solo, ao clima e àquelas associadas à economia, é uma atividade que apresenta grau de risco relativamente alto. A disponibilidade hídrica às culturas é um dos fatores que mais contribui para a ocorrência destes riscos, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas, por causa da irregular distribuição temporal e espacial das chuvas, que condicionam a frequência e a intensidade de períodos de déficit hídrico. Desta forma, a irrigação é uma prática necessária para que os riscos sejam eliminados ou minimizados, suprimindo as quantidades de água necessárias para o adequado crescimento e desenvolvimento das

plantas (Mousinho, 2005).

Dentre as diversas culturas, o feijão-caupi destaca-se como uma das mais cultivadas na região nordeste do Brasil, especialmente no Piauí, sendo considerada a principal cultura de subsistência das populações da zona rural. Entretanto, os rendimentos obtidos com o seu cultivo ainda são extremamente baixos, sendo inferiores a 300 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2002). A alta sensibilidade do feijoeiro ao déficit hídrico no solo, aliada às incertezas climáticas, principalmente as relacionadas às variações pluviométricas entre anos e locais de cultivo, determinam esses baixos rendimentos e a oscilação da produção anual desta cultura (Andrade Júnior, 2000).

Para o feijão-caupi, bons rendimentos de grãos

têm sido obtidos quando o solo é mantido com um teor de água próximo à capacidade de campo. Desta forma, deve-se realizar um criterioso manejo do sistema solo-água-planta, de modo que se possa alcançar elevados retornos econômicos.

Alguns trabalhos de viabilidade econômica já foram realizados para a cultura do feijão-caupi, destacando-se os de Andrade Júnior (2000) e Bastos *et al.* (2000), ambos para os municípios de Teresina e Parnaíba, Estado do Piauí. Entretanto, estes têm caráter local, sendo assim, de abrangência limitada. Desta forma, a espacialização de índices econômicos do desempenho do cultivo irrigado dessa cultura, utilizando um sistema de informações geográficas, tem grande importância, pois regionalizando as informações pode-se dispor de subsídios para melhor planejamento e análise de alternativas para determinada região.

De acordo com Assad *et al.* (1998), as datas de plantio das diversas culturas, em uma determinada região, podem ser otimizadas, sendo isto realizado a partir da simulação dos termos de um balanço hídrico, cujos resultados, quando georeferenciados, podem ser espacializados por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Por meio de registros históricos de precipitação pluvial e evapotranspiração da cultura pode-se ter, previamente, pela realização de um balanço de água no solo, as demandas total e diária de irrigação necessária, em função da época e local de cultivo, bem como os retornos esperados, e por meio da espacialização destes parâmetros pode-se planejar as datas de semeadura e regiões geográficas mais adequadas, possibilitando minimizar os riscos e garantir a sustentabilidade econômica da atividade agrícola (Oliveira, 1990).

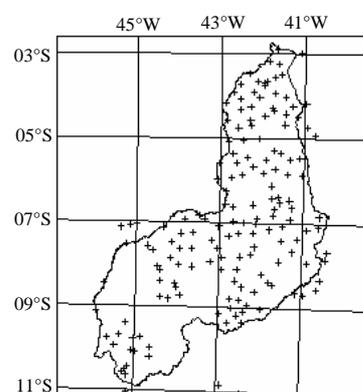
Este trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade econômica do cultivo irrigado do feijão-caupi, no Estado do Piauí, utilizando técnicas de geoprocessamento para a espacialização dos resultados.

## Material e métodos

Utilizou-se, neste estudo, dados provenientes de registros diários de precipitação pluvial obtidos em 165 locais, sendo 145 localizados no Estado do Piauí e os demais, nos Estados do Maranhão, Bahia, Ceará e Pernambuco (Figura 1). Para os referidos locais, estimou-se a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), em escala diária, utilizando-se o método de Thornthwaite (1948).

Os valores de coeficiente de cultivo (Kc) utilizados para a estimativa da evapotranspiração máxima da cultura, nos seus diferentes estádios de

desenvolvimento, foram obtidos a partir de trabalhos de pesquisa conduzidos em condições edafoclimáticas semelhantes (Barros *et al.*, 1998; Bezerra e Oliveira, 1998; Santos *et al.*, 1998; Bezerra *et al.*, 1999), tendo como orientação os valores recomendados por Doorenbos e Kassam (2000).



**Figura 1.** Localização geográfica dos postos pluviométricos, onde foram obtidos os dados diários de chuva.

Em virtude da grande variabilidade de tipos de solos presentes no Estado do Piauí e, conseqüentemente, das suas diferentes capacidades de retenção de água, os balanços hídricos foram executados para situações que fossem representativas da capacidade de retenção da maioria dos solos presentes no Estado, sendo utilizados, para isto três valores de capacidade de água disponível no solo (CAD) 20, 40 e 60 mm, sendo estes valores constantes ao longo do ciclo da cultura, considerando a profundidade efetiva do sistema radicular de 0,25 m (Nogueira e Nogueira, 1995).

Os balanços hídricos de cultivo (BHC), em escala diária, foram realizados durante o ciclo do feijão-caupi (70 dias), utilizando-se a metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955) e descrita por Pereira *et al.* (2002), sendo os mesmos executados para cada ano da série histórica de dados pluviométricos, para cada um dos 165 locais estudados, para 12 datas de semeadura (dia 1º de cada mês) e para os três valores de CAD.

A precipitação efetiva utilizada, nos BHC, foi estimada por meio de uma porcentagem fixa das precipitações totais diárias, sendo utilizada a porcentagem de 75%, de acordo com as recomendações de Doorenbos e Pruitt (1997), utilizando a CAD como valor limite da precipitação efetiva, conforme adaptação proposta em Embrapa (2003).

Na realização dos BHC, considerou-se uma dotação de rega variável, utilizando-se uma lâmina de irrigação, a fim de sempre elevar o

armazenamento de água no solo à capacidade de campo, antes que as plantas apresentassem sinal da falta de água. Desta forma, a irrigação deve ser realizada antes de as plantas atingirem este ponto. Conforme citam Pereira *et al.* (2002), este ponto representa um percentual da CAD denominado Água Facilmente Disponível (AFD), isto é, aquele que pode ser extraído do solo a partir do armazenamento máximo, sem que ocorra déficit hídrico à cultura, expressa por:

$$AFD = p \cdot CAD \quad (1)$$

em que: AFD – água facilmente disponível, L; p – fração de esgotamento da água no solo (adimensional); CAD – capacidade de água disponível no solo, L.

Dessa forma, na realização dos BHC, a cultura seria irrigada quando fosse consumida a água facilmente disponível no solo. Para as condições do presente estudo, utilizou-se o valor de p igual a 0,5, de acordo com recomendações de Doorenbos e Kassam (2000). Para fins de estimativa da lâmina bruta de irrigação, considerou-se que, nas simulações, a irrigação seria feita por aspersão convencional, sendo a eficiência do sistema pré-fixada em 75%.

Como resultado dos balanços hídricos diários, durante o ciclo do feijão-caupi em cada local, foram obtidos, para as diversas combinações de data de semeadura e CAD, valores de evapotranspiração máxima, evapotranspiração real da cultura, bem como valores de lâmina bruta de irrigação necessária.

Estimou-se o rendimento relativo da cultura, utilizando-se o modelo proposto por Rao *et al.* (1988) e apresentado por Frizzone (1999):

$$Y_r = Y_m \left\{ \prod_{i=1}^4 \left[ 1 - K_{y_i} \cdot \left( 1 - \frac{ET_{r_i}}{ET_{m_i}} \right) \right] \right\} \quad (2)$$

em que:  $Y_r$  – produtividade real da cultura,  $\text{kg ha}^{-1}$ ;  $Y_m$  – produtividade máxima ou potencial da cultura,  $\text{kg ha}^{-1}$ ;  $K_{y_i}$  – fator de resposta da cultura ao déficit hídrico na fase  $i$ , adimensional;  $ET_{r_i}$  – evapotranspiração real da cultura na fase  $i$ , mm;  $ET_{m_i}$  – evapotranspiração máxima da cultura na fase  $i$ , mm.

Os valores de  $K_{y_i}$ , para cada fase da cultura, utilizados para as estimativas do rendimento relativo, foram definidos com base em Doorenbos e Kassam (2000) e em trabalhos realizados em condições edafoclimáticas semelhantes, conduzidos por Cordeiro *et al.* (1998). Considerando os resultados

de pesquisa locais e informações de produtores para as condições deste estudo, assumiu-se como rendimento potencial da cultura do feijão-caupi o valor de  $2.500 \text{ kg ha}^{-1}$  (Cardoso *et al.*, 1995).

Embora os balanços hídricos tenham fornecido valores diários de evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) e evapotranspiração máxima da cultura (ET<sub>m</sub>), os valores utilizados na equação 2 foram valores médios de cada fase de desenvolvimento da cultura.

Foram obtidas, então, séries de valores de rendimento relativo com igual número de anos das séries de dados pluviométricos, para cada um dos 165 locais e para todas as combinações de data de semeadura e CAD, e a partir destas, utilizando-se a técnica de simulação pelo Método de Monte Carlo, foram gerados mil valores de rendimento e mil valores de lâmina bruta para os diversos locais e para as combinações de datas de semeadura e CAD. A partir dos dados simulados, estimaram-se valores de lâmina bruta e rendimento relativo, com probabilidade de ocorrência de 75%, conforme sugerem Gondim e Fernandez Medina (1980).

Para fins de análise, o custo da água foi considerado igual ao custo da energia elétrica consumida por um sistema de irrigação por aspersão convencional, capaz de aplicar a lâmina requerida pela cultura durante o seu ciclo, sendo este estimado pela equação adaptada por Frizzone (1999):

$$CE_{ijk} = \frac{10 \cdot I_{ijk} \cdot H_m \cdot \gamma_a}{3,6 \cdot 10^6 \cdot \eta} \cdot T_c \quad (3)$$

em que:  $CE_{ijk}$  – custo de energia elétrica, durante o ciclo do feijão-caupi no local  $i$ , época de semeadura  $j$ , capacidade de água disponível no solo  $k$ , US\$  $\text{ha}^{-1}$ ;  $I_{ijk}$  – lâmina bruta de irrigação necessária durante o ciclo do feijão-caupi no local  $i$ , na época de semeadura  $j$ , capacidade de água disponível no solo  $k$ , mm;  $H_m$  – altura manométrica total (60 m);  $\gamma_a$  – densidade da água ( $9.806,65 \text{ N m}^{-3}$ );  $\eta$  – eficiência global do conjunto eletrobomba (0,65);  $T_c$  – tarifa de consumo de energia elétrica referente ao período do ciclo do feijão-caupi,  $0,08523 \text{ US\$ kW h}^{-1}$ .

O valor da altura manométrica utilizada (60 m) representa uma situação hipotética, representativa da maioria dos sistemas de irrigação por aspersão convencional, instalados no Estado do Piauí, sendo este obtido junto a empresas de elaboração de projetos e consultoria de irrigação que atuam no Estado e à Embrapa Meio-Norte.

As receitas líquidas (RL) esperadas com o cultivo irrigado do feijão-caupi, para cada local e para cada combinação de data de semeadura e CAD, foram dadas por:

$$RL_{ijk} = Yr_{ijk} \cdot Pf - CP - CF - CE \quad (4)$$

em que:  $RL_{ijk}$  – receita líquida obtida com o cultivo irrigado do feijão-caupi no local  $i$ , data de semeadura  $j$  e CAD  $k$ , US\$ ha<sup>-1</sup>;  $Yr_{ijk}$  – rendimento relativo do feijão-caupi no local  $i$ , época de semeadura  $j$  e CAD  $k$ , kg ha<sup>-1</sup>;  $Pf$  – preço de venda do feijão-caupi, US\$ 0,46 kg<sup>-1</sup>;  $CP$  – custo de implantação da cultura ou custo de produção, exceto o custo da água, US\$ 322,91 ha<sup>-1</sup>;  $CF$  – custo fixo anualizado referente à amortização do sistema de irrigação, US\$ 283,17 ha<sup>-1</sup>;  $CE$  – custo da energia elétrica para o bombeamento da água pelo sistema de irrigação, US\$ ha<sup>-1</sup>.

Para cada combinação de data de semeadura e CAD, realizou-se uma análise exploratória dos valores de RL, obtidos nos 165 locais. Confirmada a hipótese de normalidade dos dados, considerando que para a realização de estudos geoestatísticos, o ajuste dos mesmos a esta distribuição pode ser apenas aproximado (Gonçalves *et al.*, 2001), foram gerados os semivariogramas experimentais utilizando o software GS+ – Geostatistics for the Environmental Sciences (Robertson, 1998), por meio do estimador apresentado por Journel (1989):

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_1^{N(h)} [Z(s) - Z(s+h)]^2 \quad (5)$$

em que:  $\hat{\gamma}(h)$  – semivariância;  $Z(s)$  – valor da variável na posição “ $s$ ”;  $Z(s+h)$  – valor da variável em uma posição “ $s+h$ ”;  $N(h)$  – número de pares de dados separados por uma distância “ $h$ ”.

Confirmada a continuidade espacial dos valores de RL, oriundas do cultivo do feijão-caupi para as diversas situações, os mesmos foram estimados para cada posição ( $s$ ) não-amostrada, por meio da krigagem ordinária, sendo, a seguir, realizada a espacialização dos valores de RL para o Estado do Piauí, utilizando-se o software Spring 4.1 (Câmara *et al.*, 1996), obtendo-se, assim, os mapas temáticos de RL, para cada combinação de data de semeadura e CAD.

## Resultados e discussão

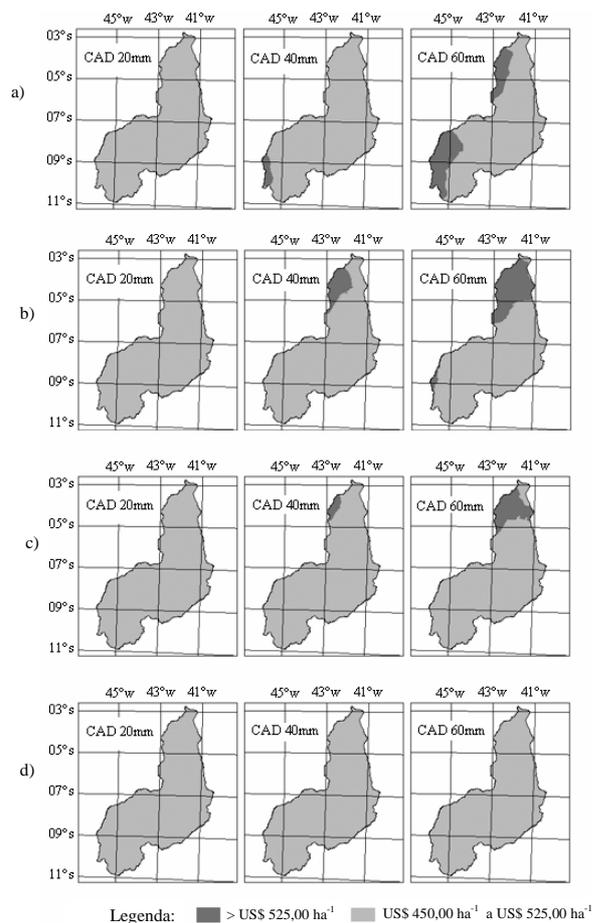
Os mapas temáticos de RL simuladas, auferidas pelo cultivo irrigado do feijão-caupi no Estado do Piauí, para as diversas combinações de CAD e data de semeadura, são apresentados nas Figuras 2 e 3. Independentemente da época de semeadura, as receitas líquidas aumentaram com o crescimento da CAD de 20 para 60 mm, pois quanto maior a CAD, menores foram as lâminas de irrigação a ser aplicadas

e vice-versa. Com o aumento das lâminas de irrigação, maiores foram os custos referentes à aplicação de água, que, neste caso, representaram o custo com energia elétrica para o bombeamento, aumentando o custo total de produção e diminuindo, assim, as receitas líquidas. Este resultado está de acordo com os obtidos por Franke e Dorfman (1998), segundo os quais a performance econômica da agricultura irrigada é inversamente proporcional ao comportamento das lâminas de irrigação necessárias, quanto maiores estas, menores são as receitas líquidas. Esta variação das receitas líquidas, em função das CAD's, embora fosse um fato esperado, não chegou a inviabilizar o cultivo irrigado do feijão-caupi, pois para todas as CAD's utilizadas, as receitas líquidas esperadas permaneceram num patamar relativamente alto, superiores a US\$ 450,00 ha<sup>-1</sup>, em toda a área do Estado do Piauí, independentemente da data de semeadura, conforme pode-se constatar nas Figuras 2 e 3.

Tomando-se, por exemplo, as receitas líquidas obtidas com o cultivo irrigado do feijão-caupi semeado em 1º de janeiro (Figura 2a), observa-se que, para a CAD de 20 mm, as receitas líquidas esperadas permaneceram entre US\$ 450,00 ha<sup>-1</sup> e US\$ 525,00 ha<sup>-1</sup>. Quando a CAD passou para 40 mm, as receitas líquidas entre US\$ 450,00 ha<sup>-1</sup> e US\$ 525,00 ha<sup>-1</sup> foram obtidas em, aproximadamente, 97,5% da área do Estado; enquanto, no restante do Estado, as receitas líquidas esperadas aumentaram e ficaram superiores a US\$ 525,00 ha<sup>-1</sup>. Com o aumento da CAD para 60 mm, as receitas líquidas, em 19% da área do Estado, passaram a ser maiores que US\$ 525,00 ha<sup>-1</sup>, e nos demais locais, estas ficaram entre US\$ 450,00 ha<sup>-1</sup> e US\$ 525,00 ha<sup>-1</sup>. Análise semelhante pode ser feita para as demais combinações de data de semeadura e CAD.

A variação das receitas líquidas, em função da CAD, embora ocorra para todas as datas de semeadura, mostrou-se mais pronunciada nas épocas de ocorrência de chuvas (janeiro a março, no centro-norte, e novembro a janeiro, no sul do Estado), como é mostrado nas Figuras 2 e 3. Isso ocorreu porque, com a variação da capacidade de armazenamento de água do solo, a grande variabilidade espacial da distribuição das chuvas, no Estado, contribuiu para maior variabilidade das lâminas a ser aplicadas por meio da irrigação, tendo reflexo direto nas receitas líquidas esperadas. Para as épocas de semeadura, quando a ocorrência das chuvas é limitada e com pouca oscilação interanual, as lâminas de irrigação têm uma pequena variação

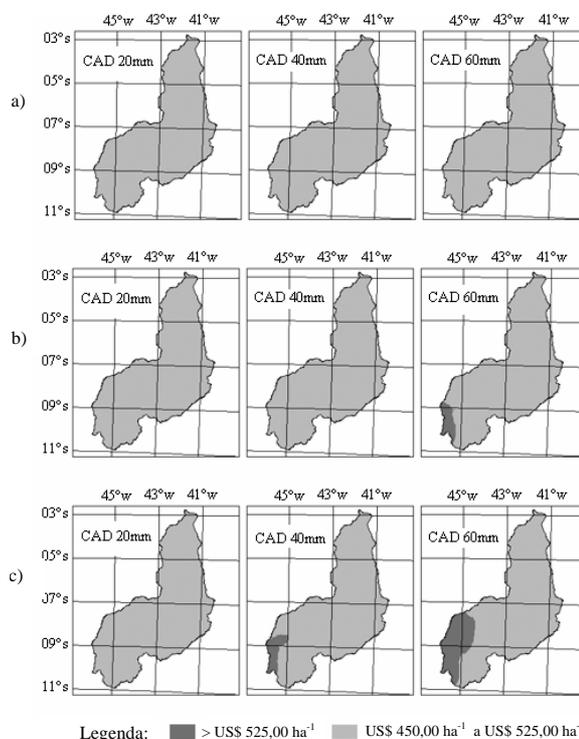
entre os diversos locais do Estado, fato observado entre maio e setembro. Para a semeadura, nessas épocas do ano, as receitas líquidas apresentaram menor variação, com a alteração da CAD, ficando dentro de uma única classe de valores, US\$ 450,00 ha<sup>-1</sup> a US\$ 525,00 ha<sup>-1</sup>, para todas as CAD's, conforme se observa na Figura 3a.



**Figura 2.** Receitas líquidas (US\$ ha<sup>-1</sup>), obtidas com o cultivo irrigado do feijão-caupi, no Estado do Piauí, em diferentes CAD's e para semeadura em 1° de janeiro (a); 1° de fevereiro (b); 1° de março (c) e 1° de abril (d).

Pela análise das Figuras 2 e 3, verifica-se que o cultivo irrigado do feijão-caupi, no Piauí, mostrou-se economicamente viável para todas as datas de semeadura simuladas, independentemente da CAD utilizada, indicando que a prática da irrigação garante a viabilidade econômica do cultivo do feijão-caupi, independentemente da época do ano. Esta indicação difere dos resultados obtidos por Bastos *et al.* (2000), que concluíram que o cultivo irrigado do feijão-caupi, em Teresina, Estado do Piauí, com semeadura em 15 de agosto e 15 de setembro, não é recomendável economicamente. No entanto, os referidos autores realizaram estudo, simulando o

cultivo na estação seca e considerando haver déficit hídrico à cultura por causa do manejo da irrigação, enquanto, neste trabalho, a irrigação proporcionou o rendimento potencial da cultura pela ausência de déficit hídrico.



**Figura 3.** Receitas líquidas (US\$ ha<sup>-1</sup>), obtidas com o cultivo irrigado do feijão-caupi, no Estado do Piauí, em diferentes CAD's e para semeadura em 1° de maio, 1° de junho, 1° de julho, 1° de agosto, 1° de setembro e 1° de outubro (a); 1° de novembro (b); 1° de dezembro (c).

Em trabalho semelhante a este, realizado para apenas dois locais no Estado do Piauí, microrregiões de Teresina e Litoral Piauiense, Andrade Júnior (2000) constatou que o cultivo irrigado do feijão-caupi foi viável, independentemente da época do ano, desde que a irrigação fosse feita com um nível de manejo adequado, de modo a manter o solo sempre com uma umidade próxima à capacidade de campo.

As receitas líquidas variaram em função da data de semeadura, para uma mesma condição de CAD, em função da ocorrência de chuvas no período de cultivo, o que contribuiu para a diminuição das lâminas brutas necessárias e, conseqüentemente, dos custos de produção. Entretanto, face ao custo relativamente baixo da água, esta variação foi pequena, podendo ser visualmente notada nos mapas temáticos, apenas para os valores de CAD maiores. Para a CAD de 20 mm, por exemplo, para todas as datas de semeadura simuladas, as receitas

líquidas permaneceram entre US\$ 450,00 ha<sup>-1</sup> e US\$ 525,00 ha<sup>-1</sup>, em todo o Estado do Piauí. Considerando-se a CAD de 60 mm, nas sementeiras nas épocas de ocorrência de chuvas, novembro a março, observou-se crescimento das receitas líquidas, ocorrendo valores de receitas líquidas maiores que US\$ 525,00 ha<sup>-1</sup>, em 4, 14, 19, 19 e 10 da área do Estado, para as sementeiras em novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, respectivamente.

A sementeira em 1º de fevereiro, considerando uma estratégia de planejamento do cultivo irrigado do feijão-caupi em nível estadual, foi a que se mostrou mais satisfatória, pois apresentou maiores áreas ocupadas com classes de receitas líquidas mais elevadas. Nessa época, as precipitações pluviárias, que ocorrem em todo o Estado, contribuem para o suprimento hídrico da cultura, reduzindo os custos de produção pela redução das lâminas de irrigação a ser aplicadas. Para a sementeira, nessa data, (Figura 2b), para a CAD igual a 20 mm, as receitas líquidas ficaram entre US\$ 450,00 ha<sup>-1</sup> e US\$ 525,00 ha<sup>-1</sup>, em toda a área do Estado. Para a CAD de 40 mm, as receitas líquidas foram superiores a US\$ 525,00 ha<sup>-1</sup>, em cerca 7% da área do Estado e quando a CAD passou para 60 mm, as receitas líquidas foram maiores que US\$ 525,00 ha<sup>-1</sup>, em aproximadamente 19% da área do Estado, permanecendo entre US\$ 450,00 ha<sup>-1</sup> e US\$ 525,00 ha<sup>-1</sup>, no restante da área nos dois casos.

Quanto ao local de cultivo, não houve restrição para o cultivo irrigado do feijão-caupi, pois as receitas líquidas foram sempre positivas e maiores do que US\$ 450,00 ha<sup>-1</sup>, em todas as regiões do Estado, para todos os níveis de CAD utilizados. As receitas líquidas esperadas cresceram do sudeste para o noroeste do Estado, acompanhando exatamente o crescimento do índice pluviométrico. Desta forma, as menores receitas líquidas foram sempre obtidas no sudeste do Estado (região Semi-Árida), e as maiores, na região noroeste do Estado, onde ocorrem os maiores índices pluviométricos, por reduzir os custos relativos à aplicação de água. Todavia, por esses custos serem relativamente pequenos, a amplitude dos valores de receitas líquidas foi também pequena, o que permitiu a obtenção de valores de receitas líquidas dentro de apenas duas classes, de US\$ 450,00 ha<sup>-1</sup> a US\$ 525,00 ha<sup>-1</sup> e maiores que US\$ 525,00 ha<sup>-1</sup>, para todas as regiões do Estado e para todas as combinações de CAD e época de cultivo. Como exemplo, para a simulação da sementeira de 1º maio a 1º de outubro, época em que, no Estado do Piauí, as chuvas são bastante reduzidas (Figura 3a), para

todos os valores de CAD, as receitas mantêm-se entre US\$ 450,00 ha<sup>-1</sup> e US\$ 525,00 ha<sup>-1</sup>.

## Conclusão

O cultivo irrigado do feijão-caupi, no Estado do Piauí, mostrou-se viável economicamente, independentemente da data de sementeira e capacidade de água disponível no solo utilizadas.

As receitas líquidas auferidas pelo cultivo irrigado do feijão-caupi variaram para as diversas regiões do Estado do Piauí, em função da época de sementeira e da capacidade de água disponível no solo, ficando, porém, num patamar relativamente alto, superiores a US\$ 450,00 ha<sup>-1</sup>.

A sementeira, em 1º de fevereiro, mostrou-se a mais favorável ao cultivo irrigado do feijão-caupi, no Piauí, pois proporcionou a obtenção de maiores áreas do Estado ocupadas por classes de valores de receitas líquidas mais elevadas.

## Referências

- ANDRADE JÚNIOR, A.S. *Viabilidade da irrigação, sob risco climático e econômico, nas microrregiões de Teresina e litoral Piauiense*. 2000. Tese (Doutorado)–Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- ASSAD, E.D. et al. Uso de modelos numéricos de terreno na espacialização de épocas de plantio. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. (Ed.). *Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura*. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p. 311-326.
- BARROS, V.S. et al. Análise de componentes do balanço hídrico em cultura de feijão-de-corda sob condições de recarga natural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. *Anais...* Poços de Caldas: SBEA: UFPA, 1998. v. 1, p. 247-249.
- BASTOS, E.A. et al. Manejo econômico da irrigação de feijão caupi via modelo de simulação. *Irriga*, Botucatu, v. 5, n. 2, p. 84-98, 2000.
- BEZERRA, F.M.L.; OLIVEIRA, C.H.C. Evapotranspiração real do caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) no período chuvoso em Fortaleza-CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. *Anais...* Poços de Caldas: SBEA: UFPA, 1998. v. 2, p. 85-87.
- BEZERRA, F.M.L. et al. Coeficientes de cultura de três cultivares de caupi em Fortaleza, CE (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. *Anais...* Pelotas: SBEA: UFPA, 1999.
- CAMARA, G. et al. Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. *Computers and Graphics*, Oxford, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- CARDOSO, M.J. et al. *Avaliação agroeconômica da produção de sementes de caupi sob irrigação*. Teresina: Embrapa-

- CPAMN, 1995. (Comunicado técnico, 62).
- CORDEIRO, L.G. *et al.* Fator de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky) da cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. *Anais...* Poços de Caldas: SBEA: UFLA, 1998. v. 2, p. 178-180.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. *Efeito da água no rendimento das culturas*. Trad. de H.R. Gheyi *et al.* 2. ed. Campina Grande: UFPB, 2000. (Estudos FAO: Irrigação e drenagem, 33).
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. *Necessidades hídricas das culturas*. Trad. de H.R. Gheyi, J.E.C. Metri, F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1997. (Estudos FAO: Irrigação e drenagem, 24).
- EMBRAPA–Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema de produção de citrus para o Nordeste*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. (Sistemas de produção, 16). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Citros/CitrosNordeste/index.htm>>. Acesso em: 27 abr. 2004
- FRANKE A.E.; DORFMAN, R. Viabilidade econômica da irrigação, sob condições de risco, em regiões de clima subtropical. I Cultura do milho. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 33, n. 12, p. 2003-2013, 1998.
- FRIZZONE, J.A. *Planejamento da irrigação: uma abordagem às decisões de investimento*. Piracicaba: Esalq, 1999. (Apostila).
- GONÇALVES, A.C.A. *et al.* Análises exploratória e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo vermelho. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 3, n. 5, p. 1149-1157, 2001.
- GONDIM, A.W.A.; FERNANDEZ MEDINA, N. Probabilidade de chuva para o município de Areia/PB. *Agropecu. Tec.*, Areia, v. 1, n. 1, p. 55-67, 1980.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática - Sidra. *Banco de dados agregados: produção agrícola municipal*. 2002. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/>>. Acesso em: 26 mar. 2004.
- JOURNEL, A.G. *Fundamentals of geostatistics in five lessons*. Washington, D.C.: American Geophysical Union, 1989.
- MOUSINHO, F.E.P. *Viabilidade econômica da irrigação do feijão-caupi no Estado do Piauí*. 2005. Tese (Doutorado)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- 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. (Pesquisa em andamento, 62).
- OLIVEIRA, D. *Evapotranspiração máxima e necessidade de água para irrigação de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.) determinadas por balanço hídrico para seis locais do Paraná*. 1990. Dissertação (Mestrado)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.
- PEREIRA, A.R. *et al.* *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Agropecuária, 2002.
- RAO, N.H. *et al.* A simple dated water-production function for use in irrigated agriculture. *Agr. Water Manage.*, Madison, v. 13, p. 25-32, 1988.
- ROBERTSON, G.P. GS+: geostatistics for the environmental sciences: versão 5.03 Beta, Plainwell: Gamma Design Software, 1998.
- SANTOS, J.J.A. *et al.* Determinação da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e evapotranspiração máxima (ET<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...* Poços de Caldas: SBEA: UFLA, 1998. v. 2, p. 184-186.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, New York, v. 38, p. 55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. *The water balance*. Centerton: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1955. (Publications in Climatology, v. 3, n. 1).

Received on July 08, 2005.

Accepted on March 22, 2007.