

## CONSUMO HÍDRICO E VIABILIDADE ECONÔMICA DA CULTURA DO FEIJÃO CAUPI CULTIVADO EM CLIMA SEMIÁRIDO

VICENTE DE PAULO RODRIGUES DA SILVA<sup>1</sup>; BERNARDO BARBOSA DA SILVA<sup>1</sup>; JOSÉ RENATO CORTÊZ BEZERRA<sup>2</sup> E RAFAELA SILVEIRA RODRIGUES ALMEIDA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidade Acadêmica Ciências Atmosféricas, UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882 - Bodocongó, Campina Grande, 58429-900, Brasil, e-mail: bernardo.silva@ufcg.edu.br, vicente.paulo@ufcg.edu.br, rafasilver@ymail.com

<sup>2</sup>Embrapa Algodão, Rua Osvaldo Cruz, n° 1.143, Bairro Centenário, Campina Grande, PB, 58428-095, Caixa postal 174, Brasil, e-mail: renato@cnpa.embrapa.br

### 1 RESUMO

A pesquisa foi conduzida em nível de campo na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, localizada no município de Apodi, RN. Foram utilizados na determinação do consumo hídrico da cultura do feijão caupi irrigado os métodos de Penman-Monteith para estimar a evapotranspiração de referência e o balanço de energia baseado na razão de Bowen para estimar a evapotranspiração da cultura. O experimento foi realizado utilizando uma parcela experimental de 4,0 ha cultivado com feijão caupi, cultivar Potiguar, com espaçamento de 70 cm entre linhas e uma densidade populacional de aproximadamente 4 plantas m<sup>-2</sup>. O sistema de irrigação por aspersão utilizado resultou numa lâmina de 463,7 mm no final do experimento. Os resultados evidenciam que o consumo hídrico da cultura do feijão-caupi foi maior na fase de desenvolvimento vegetativo (159 mm), enquanto que para todo o ciclo o consumo foi 400,1 mm. O cultivo irrigado do feijão caupi na região de estudo é economicamente viável, com renda líquida 37% superior daquela em sistema de sequeiro.

**Palavras-chave:** evapotranspiração de referência, coeficiente de cultivo, balanço de energia.

SILVA, V. P. R.; SILVA, B. B.; BEZERRA, J. R. C.; ALMEIDA, R. S. R.  
WATER RIQUEUREMENT AND ECONOMIC VIABILITY OF COWPEA CROP  
GROWN IN CLIMATE SEMIARID

### 2 ABSTRACT

This study was carried out under field conditions at the Experimental Farm of the Agricultural Research Company of Rio Grande do Norte, in Apodi, RN. To determine irrigated cowpea bean crop water consumption Penman-Monteith methods were used, to estimate reference evapotranspiration and energy balance based on Bowen ratio to estimate crop evapotranspiration and crop coefficient. The experiment was conducted using an experimental plot of 4.0 ha cultivated with cowpea cultivar Potiguar, with 70 cm between rows and plant density of 4 plants m<sup>-2</sup>. The irrigation system with sprinkler used produced a water depth of 463.7 mm at the end of the experiment. The results showed that the water requirement of cowpea was higher in the period of vegetative growth (159 mm), while for the entire cycle it

was 400.1 mm. The cowpea crop under irrigation is economically viable in the study region, with net income 37% higher than that of rain fed system.

**Keywords:** reference evapotranspiration, crop coefficient, energy balance.

### 3 INTRODUÇÃO

O feijão caupi (*Vigna unguiculata L. Walp.*), conhecido por feijão macassar ou feijão de corda, é uma fonte de renda alternativa e considerado alimento básico da população da região Nordeste do Brasil, especialmente para as populações mais pobres da zona rural (CALVET et al., 2013). A área ocupada com feijão caupi no mundo está em torno de 12,5 milhões de ha, com 8 milhões (64% da área mundial) na parte oeste e central da África. Outra grande parte plantada com essa cultura está localizada na América do Sul, América Central e Ásia, com pequenas áreas espalhadas pelo sudoeste da Europa, sudoeste dos Estados Unidos e da Oceania (CAMPOS et al., 2009). No Brasil, a produção de feijão caupi se concentra nas regiões Nordeste (1,2 milhão de hectares) e Norte (55,8 mil hectares); no entanto, essa cultura está conquistando espaço na região Centro Oeste, em razão do desenvolvimento de cultivares com características que favorecem o cultivo mecanizado (SILVA et al., 2010a).

A agricultura irrigada é uma das alternativas de grande importância para o desenvolvimento econômico e social da região Nordeste do Brasil (SILVA et al., 2010a), pois ela assegura adequada disponibilidade de água às culturas na quantidade e na época apropriada (SOUSA et al., 2010). O estudo da evapotranspiração das culturas é uma das principais informações para o planejamento do uso da água. Com base nos dados de evapotranspiração de referência e coeficiente da cultura, pode-se determinar a quantidade de água a ser aplicada nos cultivos. Nesse sentido, várias pesquisas sobre as necessidades hídricas de culturas têm sido realizadas por diversos pesquisadores utilizando o método do balanço de energia baseado na razão de Bowen (AZEVEDO et al., 2003; BORGES et al., 2008; SOUZA et al., 2008).

O conhecimento das necessidades hídricas da cultura é fundamental para maximizar a produtividade e minimizar os custos de produção e dos recursos hídricos que são cada vez mais escassos (CAMPOS et al., 2008). O manejo adequado da cultura do feijão para atender à sua demanda hídrica é um fator importante pois, devido ao curto período de seu ciclo, a estiagem ou o excesso de água podem afetar severamente o crescimento do feijoeiro (MONTEIRO et al., 2010). Os custos de produção de qualquer cultura aumenta em função dos preços dos insumos, energia elétrica e água. Entretanto, considerando esses custos de produção, ainda não foi analisado se o feijão caupi irrigado é economicamente viável no semiárido nordestino onde essa cultura é tradicionalmente cultivada em sistema de sequeiro. Assim, considerando a importância dessa cultura para a agricultura do país, o presente trabalho tem como objetivo determinar o consumo hídrico e a viabilidade econômica da cultura do feijão caupi irrigada e cultivada nas condições edafoclimáticas da região semiárida do nordeste do Brasil.

### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido no período de março a junho de 2013, e repetido no mesmo período do ano de 2014, localizado no município de Apodi, RN, que tem

as seguintes coordenadas geográficas: 5°39'51''S, 37°47'56''W e 150 m. A área de estudo fica situada na região da Chapada do Apodi que é caracterizada por um clima muito quente e semiárido, segundo a classificação climática de Köpper, com temperatura média anual de 26,9 °C, precipitação pluviométrica de 920,4 mm e evaporação de 2.145,9 mm (SILVA et al., 2010b; SILVA et al., 2011).

A cultura analisada nesta pesquisa foi o feijão vigna, cultivar Potiguar, semeado numa área experimental de 4,0 ha, com espaçamento de 70 cm entre linhas e densidade de plantio de 4 plantas m<sup>-2</sup>. O preparo do solo consistiu de aração seguida de gradagem com grade niveladora. A adubação de fundação foi realizada no fundo do sulco de plantio, em dose recomendada de acordo com a análise de fertilidade do solo. Para o controle de plantas daninhas efetuou-se o uso de enxada, de forma contínua durante os primeiros quarenta dias após a emergência. As lâminas de irrigação foram calculadas de forma que a água atingisse uma profundidade de 40 cm, que é correspondente ao perfil do sistema radicular da cultura. Para repor o consumo hídrico da cultura, utilizou-se o método de Penman-Monteith para calcular a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>).

No interior da parcela experimental foi instalada uma torre micrometeorológica, com dois piranômetros do tipo SP-Lite, para medição da radiação solar global e refletida pela cultura, um saldo radiômetro do tipo NR-Lite, para medição do saldo de radiação e dois psicrômetros para medição dos perfis verticais de temperatura. Os psicrômetros, formados por termopares de cobre-constantan, foram instalados em dois níveis, a 0,30 e 1,50 m acima do dossel da cultura, com a finalidade de medir as temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido. Também, foram instalados dois fluxímetros do tipo HFT3 a 0,02 m de profundidade do solo para medir o fluxo de calor no solo, um entre as fileiras e o outro dentro da fileira.

Todos os sensores foram conectados a um sistema automático de aquisição de dados (Data logger CR 3000), com o intuito de coletar e armazenar os dados medidos. Esse instrumento foi programado para efetuar leituras a cada 5 segundos e armazenar médias em intervalos de 20 min. As médias foram coletadas em um módulo de armazenamento, para posterior transferência para um computador, onde foram processadas em planilhas eletrônicas. O data logger foi alimentado por um painel solar de 12 volts.

A evapotranspiração de referência diária (ET<sub>o</sub>) foi estimada pelo método de Penman-Monteith, conforme recomendação da FAO (ALLEN et al., 1998), cujos detalhes para a sua obtenção constam em SILVA et al. (2005). Na estimativa da ET<sub>o</sub> foram utilizados os dados obtidos da estação meteorológica de observação de superfície automática (Apodi – A340), pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os componentes do balanço de energia sobre a vegetação foram obtidos através da equação do balanço de energia baseado na razão de Bowen de acordo com seguinte expressão (SILVA et al., 2007):

$$R_n + LE + H + G + S = 0 \quad (1)$$

Em que R<sub>n</sub> é o saldo de radiação e LE, H e G são as densidades de fluxos de calor latente e calor sensível para o ar e para solo, respectivamente, e S é a energia armazenada no dossel vegetativo. Todos os termos da Eq. 1 são expressos em W m<sup>-2</sup>. A energia utilizada nos processos fotossintéticos não foi considerada, visto que ela representa menos de 2% do saldo de radiação, bem como S visto que ele representa em torno de 1% do saldo de radiação (BORGES et al., 2008). O balanço de energia foi efetuado sob o dossel da cultura, assumindo-se como volume de controle a camada entre o topo da vegetação e a superfície do solo. Ainda, foram consideradas as densidades de fluxo vertical que chegam à camada

vegetativa positivas, enquanto as que saem são negativas. A razão de Bowen corresponde à relação entre os fluxos de calor sensível e calor latente, dada por (AZEVEDO et al., 2007):

$$\beta = \frac{H}{LE} = \frac{\bar{P}c_p}{L\varepsilon} \left( \frac{K_h}{K_w} \right) \frac{\partial T / \partial Z}{\partial e / \partial Z} \quad (2)$$

Em que H e LE são os fluxos de calor sensível e latente, respectivamente; P a pressão atmosférica (kPa);  $K_h$  e  $K_w$  são, respectivamente, os coeficientes de transferência nos processos de difusão turbulenta de calor sensível e latente, expressos em  $m^2 s^{-1}$ , e  $\gamma$  o fator psicrométrico ( $hPa ^\circ C^{-1}$ ), obtido pela expressão:

$$\gamma = \frac{\bar{P}c_p}{0,662L} \quad (3)$$

Em que  $c_p = 0,24 \text{ cal g}^{-1} ^\circ C^{-1}$ , representa o calor específico do ar à pressão constante,  $\bar{P}$  a pressão atmosférica média à superfície (hPa) e L o calor latente de vaporização ( $calg^{-1}$ ) obtido por:

$$L = 595 - 0,51T_a \quad (4)$$

Em que  $T_a$  é a temperatura do ar ( $^\circ C$ ). Considerando-se a igualdade entre os coeficientes de transferência turbulenta de calor sensível ( $K_h$ ) e calor latente ( $K_w$ ) e  $(\partial T / \partial Z) / (\partial e_a / \partial Z) \approx \Delta T / \Delta e_a$ ; sendo  $\Delta T = T_2 - T_1$  e  $\Delta e_a = e_2 - e_1$  as variações de temperatura do ar e pressão de vapor d'água na camada de ar acima da cultura, respectivamente. A Eq.2 é simplificada para:

$$\beta \approx \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e_a} \quad (5)$$

A pressão parcial de vapor d'água em dois níveis acima da cultura foi calculada pela equação de Ferrel, expressa da seguinte forma (AZEVEDO et al., 2008):

$$e(t_a) = e_s(t_u) - 0,00066 (1 + 0,00115 t_u)(t - t_u) \bar{P} \quad (6)$$

Em que  $t_u$  e  $t_a$  são as temperatura dos bulbos úmido e seco, respectivamente, expressas em  $^\circ C$ ,  $\bar{P}$  a pressão atmosférica média (hPa) e  $e_s(t_a)$  a pressão de saturação do vapor d'água (hPa), calculada pela equação de Tetens, como (SILVA et al., 2007):

$$e_s(t_u) = 6,1078 \exp \left( \frac{17,269 t_u}{237,3 + t_u} \right) \quad (7)$$

O fluxo de calor latente (LE) foi obtido substituindo-se a razão de Bowen na Eq. 1, ou seja:

$$LE = \frac{R_n + G + S}{1 + \beta} \quad (8)$$

A equação acima permite a estimativa do fluxo de calor latente com base em medições do saldo de radiação, fluxo de calor sensível no solo e dos gradientes verticais de temperatura e vapor d'água, bem como na estimativa do calor armazenado pelo dossel da planta. O coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) foi obtido pela razão entre a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) e a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), em  $mm\ d^{-1}$ , para todos os estádios fenológicos da cultura de feijão.

Com base nos dados de produtividade obtidos no experimento de campo, foram determinados os custos de produção e calculados os indicadores econômicos, tais como a receita bruta, margem bruta e relação benefício/custo. Esses indicadores foram utilizados na comparação entre as produtividades do feijão cultivado em condições irrigadas e de sequeiro na região de estudo. A análise econômica foi realizada por meio de custo operacional conforme metodologia proposta por MATSUNAGA et al. (1976), utilizando-se de cotações do mercado. A descrição dos custos é baseada no conceito de custo operacional efetivo (COE), pois contempla todos os desembolsos monetários realizados com a cultura em questão. Os preços dos insumos (preços pagos) e dos produtos (preços recebidos) foram obtidos a partir dos dados disponibilizados pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB).

A determinação da eficiência econômica foi realizada com base na relação benefício/custo ( $RBC_i$ ), de acordo com a seguinte equação:

$$RBC_i = \frac{RB_i}{COE_i} \quad (9)$$

Em que  $RB_i$  é renda bruta auferida com o cultivo de feijão irrigado ( $R\$ ha^{-1}$ ) e  $COE_i$  é o custo operacional efetivo ( $R\$ ha^{-1}$ ). A renda bruta  $RB_i$  foi obtida através da seguinte expressão:

$$RB_i = P_i \cdot PD_i \quad (10)$$

Em que  $P_i$  é o preço da saca de feijão ( $R\$ C^{-1}$ ) e  $PD_i$  produção obtida com irrigação ( $kg ha^{-1}$ ). A renda líquida  $RL_i$  foi obtida através da seguinte expressão:

$$RL_i = P_i \cdot PD_i - COE_i \quad (11)$$

Em que  $P_i$  é o preço da saca de feijão ( $R\$ C^{-1}$ ),  $PD_i$  a produção obtida com irrigação ( $kg ha^{-1}$ ) e  $COE_i$  é o custo operacional efetivo ( $R\$ ha^{-1}$ ). O custo operacional efetivo ( $COE_i$ ) correspondente a todos os custos de produção foi determinado a partir da seguinte expressão:

$$COE_i = C_{INS} + C_{MO} + C_{PS} \quad (12)$$

Em que  $C_{INS}$  corresponde ao custo dos insumos utilizados,  $C_{MO}$  é o custo de mão de obra e  $C_{PS}$  é o custo de preparo do solo.

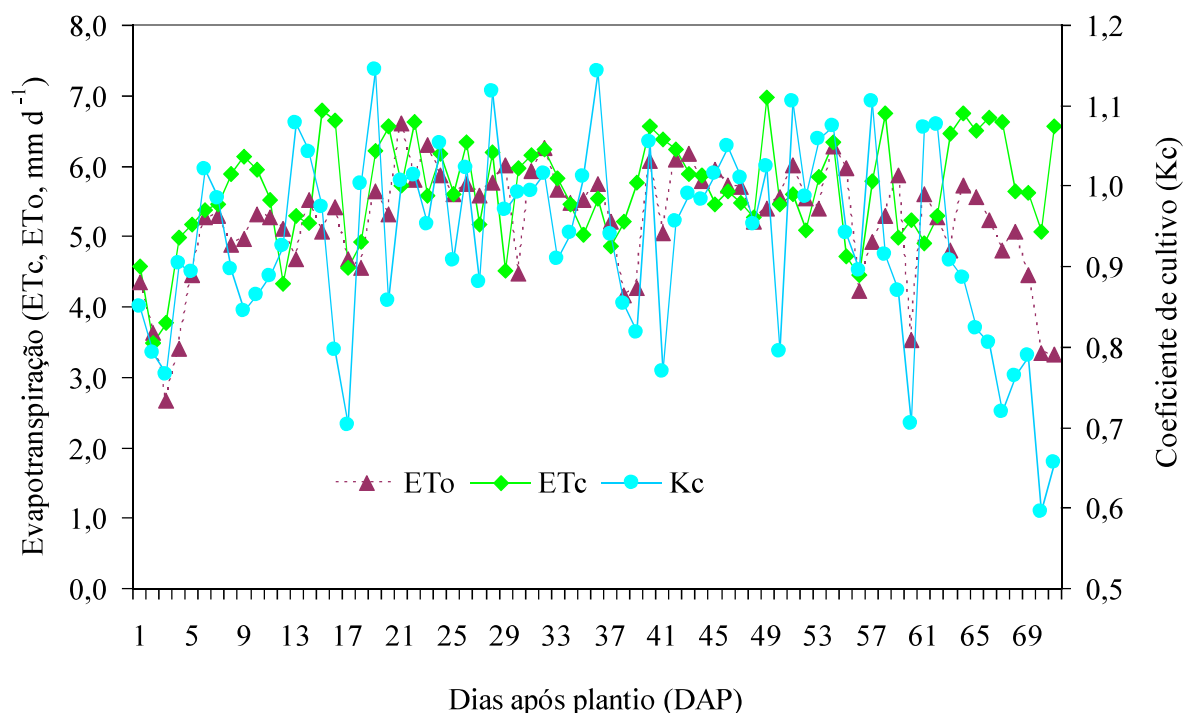
Para determinar o lucro da atividade foram estimados, para as condições de sequeiro e irrigada, os seguintes indicadores: receita bruta, obtida pelo produto da quantidade obtida (em sacas) pelo preço médio da saca de feijão, recebida pelo produtor; o lucro operacional, calculado pela diferença entre a receita bruta e o custo operacional total e o índice de lucratividade, representado pela relação entre o lucro operacional e a receita bruta em termos percentuais. Os dados relativos aos coeficientes técnicos e à produtividade, utilizados no cálculo dos custos de produção e de lucratividade, foram obtidos no campo e também por técnicos da região da Chapada do Apodi, RN. Os preços dos insumos e do produto referem-se aos pagos e recebidos pelos produtores na região no ano de 2014.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A  $ET_0$  aumenta ao longo do período de realização do experimento, em face do aumento do déficit de pressão de vapor nessa época do ano na região de estudo (Figura 1). A evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) apresentou comportamento semelhante àquele da  $ET_0$ , sendo registrado um aumento gradativo dos seus valores até a cultura do feijão concluir a fase de desenvolvimento vegetativo (Fase II), a partir de então os seus valores decresceram. Este comportamento pode ser explicado pelo desenvolvimento das plantas, já que na Fase II do ciclo vegetativo, a cultura apresentou maior aumento da área foliar e, conseqüentemente, aumento na sua evapotranspiração.

A cultura, ao atingir a fase de floração (Fase III), já não mais apresentou mudanças significativas na  $ET_c$ , estabilizando-se, então, o seu índice de área foliar. Ao iniciar a fase de maturação fisiológica (Fase IV), o feijão necessitou de menor quantidade de energia fotossintética, fazendo com que a  $ET_c$  diminuísse consideravelmente nesse período. Os valores do coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) oscilaram entre os valores mínimos, que ocorreram nos estádios de germinação e maturação fisiológica, e valores máximos, que ocorreram nos estádios II e III. Os valores do  $K_c$  foram fortemente influenciados pelo conteúdo de água no solo, desenvolvimento da cultura e pela demanda evaporativa da região.

**Figura 1.** Comportamento diário da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) e do coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) do feijão-caupi cultivado em Apodi, RN



Os valores do  $K_c$  do feijão caupi cultivado nas condições edafoclimáticas da Chapada do Apodi, RN, foram de 0,89; 0,96; 0,94 e 0,92, respectivamente nas fases I, II, III e IV (Tabela 1). Assim, os valores do  $K_c$  do feijão caupi encontrados nesse trabalho não foram compatíveis com aqueles sugeridos pelo Boletim 56 (ALLEN et al., 1998), cujos valores são os seguintes: estágio inicial = 0,5; estágio intermediário = 1,05 e estágio final = 0,90. Portanto, os valores do  $K_c$  do feijão apresentados nesta pesquisa superestimam aqueles propostos pela FAO nos estádios inicial e final da cultura; enquanto no estágio intermediário ocorreu acentuada subestimativa em relação ao valor do  $K_c$  da FAO, superior a 10%. SANTOS et al. (2014) também obtiveram valores de coeficientes de cultivo do milho verde cultivado nas condições do semiárido brasileiro de 0,50; 0,64; 1,12 e 1,11 para as diferentes fases fonológicas. Esses valores são diferentes daqueles recomendados pela FAO, de 1,0; 1,2 e 0,6 para os estádios inicial, médio e final, respectivamente.

**Tabela 1.** Número de dias para cada estágio fenológico do feijão caupi e os valores médios diários da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) e o coeficiente de cultivo ( $K_c$ )

Estádio	Nº de dias	$ET_o$ (mm d <sup>-1</sup> )	$ET_c$ (mm d <sup>-1</sup> )	$K_c$
I	15	4,84	4,25	0,89
II	29	5,69	5,49	0,96
III	13	5,86	5,47	0,94
IV	21	5,76	5,06	0,89
Média	-	5,54	5,07	0,92

A cultura do feijão vigna, cultivar Potiguar, apresentou um ciclo médio de 78 dias, que correspondeu a 15 dias para a fase de germinação (Fase I); 29 dias para a fase de desenvolvimento vegetativo (Fase II); 13 dias para a floração (Fase III) e os 21 dias restantes, para maturação fisiológica (Fase IV). A semeadura foi realizada do dia 27 de março de 2010, sendo que a emergência ocorreu no dia 31 do mesmo mês (início da Fase I), o desenvolvimento vegetativo a partir do dia 15 de abril de 2010 (início da Fase II), a floração a partir o dia 14 de maio de 2010 (Fase III) e, finalmente, a maturação foi observada no dia 16 de junho de 2010.

O maior valor acumulado da  $ET_c$  do ciclo do feijão caupi cultivado em Apodi, RN, ocorreu no estágio fenológico II do ciclo da cultura (Tabela 2), que corresponde ao desenvolvimento vegetativo, sendo que o valor médio de  $ET_o$  para essa fase foi de 5,69 mm  $d^{-1}$  (Tabela 1) e o acumulado nesse estágio foi o maior de todo ciclo da cultura (Tabela 2). Por outro lado, para as Fases I, III e IV foram registrados valores médios diários de  $ET_c$  de 4,84; 5,86 e 5,76 mm, enquanto os valores acumulados foram de 63,7; 71,1 e 106,1 mm, respectivamente.

**Tabela 2.** Evapotranspiração de referências ( $ET_o$ ) e evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) do feijão caupi acumulada para cada estágio fenológico e as suas datas de ocorrências durante o ciclo produtivo da cultura em Apodi, RN

Estádio	Datas	$ET_c$ acumulada (mm)	$ET_o$ acumulada (mm)
Germinação	31/03 a 14/04/2010	63,7	72,5
Desenvolvimento vegetativo	15/04 a 13/05/2010	159,0	165,1
Floração	14/05 a 26/05/2010	71,1	76,2
Maturação Fisiológica	27/05 a 16/06/2010	106,1	120,9
Total		400,1	434,8

O total acumulado da  $ET_c$  durante todo o ciclo da cultura foi de 400,13 mm, sendo superior aquele encontrado por LIMA et al. (2011) quando estudaram a evapotranspiração e a eficiência do uso de água do feijão caupi cultivado em sistema de sequeiro em Areia, PB. Esses autores encontraram valores acumulados da  $ET_c$  de 330,7 mm e média diária de 3,8 mm  $d^{-1}$ , enquanto a produtividade do caupi foi de 206 kg  $ha^{-1}$  e a eficiência de uso de água de 0,06 kg  $m^{-3}$ . Por outro lado, o valor da  $ET_c$  acumulado encontrado para feijão caupi no presente estudo é inferior àquele obtido por CALVACHE et al. (1998), cujo valor foi de 448 mm durante todo o ciclo da cultura.

Os valores diários de  $ET_o$  oscilaram entre 4,84 mm  $d^{-1}$  (Estádio I) e 5,69 mm  $d^{-1}$  (Estádio II), sendo que a  $ET_o$  acumulada durante todas as fases fenológicas da cultura foi de 434,8 mm. O maior valor acumulado registrado da  $ET_o$  foi no Estádio II (165,1 mm) e menor no Estádio I (72,5 mm), certamente produzidos pela duração do estágio fenológico e pela demanda atmosférica. Entretanto, a variabilidade dos valores médios diários para cada estágio fenológico da cultura estão associados essencialmente às flutuações da demanda atmosférica da região. Em pesquisa realizada para a determinação do coeficiente de cultivo da cana-de-açúcar utilizando a razão de Bowen, ESTEVES et al. (2014) observaram que para a obtenção de resultados satisfatórios da  $ET_c$  com a razão de Bowen são necessários gradientes de temperatura e de vapor de água e que tais condições, normalmente, são obtidas em áreas úmidas sob ventos com velocidades maiores do que 2,0 m  $s^{-1}$ .

A produtividade do cultivo do feijão caupi irrigado foi  $605 \text{ kg ha}^{-1}$ , resultando na produção total de 2.420 kg (Tabela 3). Por outro lado, o cultivo em sistema de sequeiro na região é de  $450 \text{ kg h}^{-1}$ , que para a mesma área utilizada nesta pesquisa resultaria na produção total de 1800 kg. Verifica-se que o cultivo irrigado do feijão caupi, em Apodi, RN, mostrou-se economicamente viável, indicando que a prática da irrigação garante a viabilidade econômica do cultivo do feijão nas condições edafoclimáticas da região nordeste do Brasil (Tabela 3). Já o cultivo em sequeiro obteve uma produção 30,8% menor do que a irrigada; entretanto, ambas as produtividades exibiram uma eficiência econômica positiva, sendo este resultado considerado satisfatório. Evidentemente, a receita líquida auferida pelo cultivo irrigado do feijão caupi foi superior à receita líquida do cultivo em sequeiro em função do aumento da água disponível no solo através de irrigação suplementar, ficando, porém, num patamar relativamente alto, cuja diferença é de 2.861,93 kg nos 4 hectares cultivados

**Tabela 3.** Análise econômica do cultivo do feijão caupi em condições irrigadas e de sequeiro em Apodi, RN

Condições de cultivo	Renda Bruta (R\$)	Renda Líquida R\$	Custo Operacional (R\$)	Eficiência Econômica
Irigado	12.100	10.586,26	1.513,17	7,993
Sequeiro	9.000	7.724,33	1.275,67	7,005

O custo operacional efetivo pode ser reduzido com a exclusão dos custos com a mão de obra. No Brasil, a agricultura familiar responde por sete de cada 10 empregos no campo e por cerca de 40% da produção agrícola. Atualmente, 35% dos alimentos que compõem a cesta alimentar distribuída pela CONAB se originam na agricultura familiar e, ainda, a maior parte dos alimentos que abastecem a mesa dos brasileiros vem das pequenas propriedades. O estudo anterior de CAMPOS (2009), com base no “software” DSSAT, indicou que a relação benefício/custo do feijão caupi se mostrou maior com os desvios positivos de precipitação e nas condições climáticas atuais, haja vista, que nessas condições climáticas, ocorrem os maiores valores de produtividade, e o custo de produção é o mesmo para todos os cenários de temperatura do ar.

## 6 CONCLUSÕES

O consumo hídrico da cultura do feijão caupi é maior na fase de desenvolvimento vegetativo e menor na fase de germinação. Já os valores do coeficiente de cultivo do feijão caupi nos estádios fenológicos de germinação, desenvolvimento vegetativo, floração e maturação são menores do que aqueles recomendados pela FAO. A produtividade de grãos de feijão caupi irrigado é 34,4% maior do que aquela obtida em sistema de sequeiro na região de Apodi, RN. O plantio irrigado dessa cultura na região de Apodi, RN, é economicamente viável, com renda líquida 37% superior daquela em sistema de sequeiro.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. **Crop evapotranspiration**. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper 56).
- AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; SILVA, V. P. R. Water requirements of irrigated mango orchards in northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.58, n.1, p.241-254, 2003.
- AZEVEDO, P. V.; SOUZA, C. B.; SILVA, B. B.; SILVA, V. P. R. Water requirements of pineapple crop grown in a tropical environment, Brazil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.88, n.1, p.201-208, 2007.
- AZEVEDO, P. V.; SOARES, J. M.; SILVA, V. P. R.; SILVA, B. B.; NASCIMENTO, T. Evapotranspiration of “Superior” grapevines under intermittent irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.95, n.1, p.301-308, 2008.
- BORGES, C. J. R.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, V. P. R.; CAMPOS, J. H. B. C.; MOURA, M. S. B.; SOARES, J. M.; SILVA, B. B. Influência do calor armazenado no sistema solo-planta no balanço de energia em pomar de mangueiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.4, p.393-399, 2008.
- CALVACHE, A. M.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Efeito de épocas de deficiência hídrica na evapotranspiração atual da cultura do feijão cv. Imbabello. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.55, n.1, p.1-14, 1998.
- CALVET, A. S. F.; PINTO, C. M.; MAIA-JOCA, R. P. M.; BEZERRA, A. crescimento e acumulação de solutos em feijão-de-corda irrigado com águas de salinidade crescente em diferentes fases de desenvolvimento. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 148-159, 2013.
- CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, V. P. R.; AZEVEDO, P. V.; BORGES, C. J. R.; SOARES, J. M.; MOURA, M. S. B.; SILVA, B. B. Evapotranspiração e produtividade da mangueira sob diferentes tratamentos de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.2, p.150-156, 2008.
- CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, M. T.; SILVA, V. P. R. Impacto do aquecimento global no cultivo do feijão-caupi, no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.4, p.396-404, 2009.
- ESTEVES, B. S.; SOUSA, E. F.; MENDONÇA, J. C.; LOUSADA, L. L.; MARCIANO, C. R.; SIQUEIRA, D. P. Coeficiente de cultivo da cana-de-açúcar utilizando a razão de Bowen. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n.3, p. 441-452, 2014.
- LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; LIRA, C. A. B. O.; SOUZA, E. S.; SILVA, I. F. Balanço de energia e evapotranspiração de feijão caupi sob condições de sequeiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p.65-74, 2011.

- MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P.F F.; TOLEDO, P. E. N.; DULLEY, R. D.; OKAMA, H.; PEROSA, I. A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.23, n.1, p. 123-139, 1976.
- MONTEIRO, P. F. C.; ANGULO FILHO, R.; MONTEIRO, R. O. C. Efeitos da irrigação e da adubação nitrogenada sobre as variáveis agrônômicas da cultura do feijão. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 386-400, 2010.
- SANTOS, W. O.; MEDEIROS, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; M. S. B. MOURA, R. E. C. NUNES. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n.4, p. 559-572, 2014.
- SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R.; AZEVEDO, P. V.; Sousa, F. A. S.; Sousa, I. F. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 131-138, 2011.
- SILVA, V. P. R.; CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, M. T.; AZEVEDO, P. V. Impact of global warming on cowpea bean cultivation in northeastern Brazil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.97, n.1, p.1760-1768. 2010a.
- SILVA, V. P. R.; AZEVEDO, P. V.; BRITO, R. S.; CAMPOS, J H. B. C. Evaluating the urban climate of a typically tropical city of northeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.161, n.1, p.45-59, 2010b.
- SILVA, V.P.R.; AZEVEDO, P.V.; SILVA, B.B. Surface energy and evapotranspiration of a mango orchard frown in a semiarid environment. **Agronomy Journal**, Madison, v.1, n.99, p.1391-1396, 2007.
- SILVA, V. P. R.; BELO FILHO, A. F.; SILVA, B. B.; CAMPOS, J. H. B. C. Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.547-553, 2005.
- SOUZA, C. B.; SILVA, B. B.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, V. P. R. Fluxos de energia e desenvolvimento da cultura do abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.4, p.393-399, 2008.
- SOUSA, I. F.; SILVA, V. P. R.; SABINO, F. G. S.; NETTO, A. O. A.; SILVA, B. K, N.; AZEVEDO, P. V. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.6, p.633-644, 2010.