

## INTERAÇÃO DE NÍVEIS DE ÁGUA E DENSIDADE DE PLANTAS NO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI, EM TERESINA, PI

**SIMONE RAQUEL MENDES DE OLIVEIRA<sup>1</sup>; ADERSON SOARES DE ANDRADE JÚNIOR<sup>2</sup>; VALDENIR QUEIROZ RIBEIRO<sup>3</sup>; RAMILOS RODRIGUES DE BRITO<sup>4</sup> E MARCUS WILLAME CARVALHO<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Eng. Agrônoma, Doutora em Engenharia Agrícola, Professora Colégio Técnico de Teresina, Teresina – PI, e-mail: [simone-raquel@hotmail.com](mailto:simone-raquel@hotmail.com)

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, Doutor em Irrigação e Drenagem, Pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina – PI.

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, Mestre em Estatística Experimental, Pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina – PI.

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo, Doutorando em Irrigação e Drenagem, UNESP/FCA, Botucatu – SP.

<sup>5</sup>Eng. Agrônomo, Mestre em Irrigação e Drenagem, CCA-UFPI, Teresina – PI.

### 1 RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de níveis de água e densidade de plantas no crescimento (matéria seca e área foliar) e produtividade do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.). O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Meio-Norte, localizada no município de Teresina, Piauí - Brasil, no período de julho a setembro de 2012. O solo local foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo de textura franco-arenosa. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos num esquema fatorial 5 x 4, sendo os fatores cinco níveis de irrigação: 393,53; 340,34; 300,50; 260,39 e 201,73 mm, aplicados por meio de um sistema de irrigação por aspersão convencional, e quatro densidades de plantas: 150.000; 200.000; 250.000; 300.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Apenas na matéria seca não houve interação significativa entre os níveis de irrigação e densidade de plantas. A área foliar, produtividade de grãos, número de vagens por planta, massa de vagens, produtividade de vagens, comprimento de vagem e massa de cem grãos que apresentaram valores máximos de: 1.301,89 cm<sup>2</sup>; 1.668,86 kg ha<sup>-1</sup>; 2,24; 2.248,16 kg; 1.873,45 kg ha<sup>-1</sup>; 18,70 cm e 22,72 g, alcançados com as lâminas de: 367,86; 390,88; 393,53; 393,53; 393,53; 348,40 e 322,63 mm associados às densidades de: 188.000; 241.000; 110.000; 254.000; 254.000; 223.000 e 300.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Palavras-chave:** estresse hídrico, adensamento, competição intraespecífica.

**OLIVEIRA, S. R. M. de; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; RIBEIRO, V. Q.; BRITO, R. R. de; CARVALHO, M. W.**

**INTERACTION BETWEEN LEVELS OF WATER AND PLANT DENSITY ON GROWTH AND YIELD OF COWPEA IN TERESINA, PI**

### 2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of levels of water, plant density and their interaction on growth (dry matter and leaf area) and yield of cowpea (*Vigna*

*unguiculata* L. Walp.). The experiment was carried out at the experimental area of Middle-North Embrapa in Teresina city, Piauí-Brazil from July to September 2012 in a Ultisol soil. A randomized block experimental design was used with four replicates. Treatments were applied in a 5 x 4 factorial design and 5 levels of irrigation as factors: 393.53; 340.34; 300.50; 260.39 and 201.73 mm applied through an irrigation system by conventional sprinkler, and four plant densities: 150,000; 200,000; 250,000; 300,000 plants ha<sup>-1</sup>. A significant interaction between irrigation levels and plant density was found in all study parameters except for dry matter. Leaf area, grain yield, number of pods per plant, pod weight, pod yield, pod length and hundred grain weight had maximum values of 1,301.89 cm<sup>2</sup>; 1,668.86 kg ha<sup>-1</sup>; 2.24; 2,248.16 kg; 1,873.45 kg ha<sup>-1</sup>; 18.70 cm and 22.72 g, which were reached using the following water depths: 367.86; 390.88; 393.53; 393.53; 393.53; 348.40 and 322.63 mm associated with densities of : 188,000; 241,000; 110,000; 254,000; 254,000; 223,000 and 300,000 plants.ha<sup>-1</sup>, respectively.

**Keywords:** water stress, density, intraspecific competition.

### 3 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi é uma leguminosa largamente cultivada no Mundo, especialmente nas regiões tropicais, em virtude de suas condições edafoclimáticas. No Brasil, sua produção ocorre, principalmente, nas regiões Norte e Nordeste.

O rendimento médio do feijão-caupi, no estado do Piauí, ainda é baixo (256 kg ha<sup>-1</sup>), em relação à média nacional (366kg ha<sup>-1</sup>) apesar da cultura ser bem adaptada às condições edafoclimáticas do Estado e de existirem cultivares melhoradas disponíveis no mercado (IBGE, 2009). Esse baixo rendimento da cultura ocorre porque ao longo dos anos, não foram utilizados em seu cultivo e manejo, assistência técnica e tecnologias adequadas, como: cultivares melhoradas, manejo da irrigação e uso de insumos (BENVINDO, 2007).

Espera-se que com o uso de cultivares melhoradas, o resultado seja elevados valores de produtividade. Contudo, para que as características de tais cultivares se expressem positivamente, e assim apresentem resultados esperados é essencial um manejo adequado da irrigação e do arranjo populacional. O adequado manejo é necessário, uma vez que há registros de forte interação entre cultivar e arranjo de plantio e cultivares e irrigação, o que indica que além do fator água, as populações e arranjos de plantio também influenciam o crescimento e produção do feijão-caupi (NANGJU, 1979; TÁVORA et al., 2000).

Considerando o fator água, é possível avaliar sua influência na área foliar haja vista que a escassez ou o excesso de água afeta diretamente o crescimento das folhas (FREIRE FILHO, 2005). Em relação à densidade de plantas, os efeitos mais significativos na área foliar podem ser atribuídos à competição intraespecífica, que se estabelece e se acentua quanto menor for o espaçamento entre as plantas, e ao sombreamento mútuo que reduz a interceptação da luz (LARCHER, 2004).

A produção de matéria seca também é influenciada pelos níveis de água e densidade de plantas. O primeiro fator quando em condições de déficit, contribui para a redução na taxa de transpiração, no fechamento dos estômatos com penalização ou mesmo a paralisação da fotossíntese e na redução na produção de biomassa. O segundo, influencia a produção de matéria seca à medida em que interfere na transmissão da radiação solar no dossel vegetal, afetando a taxa fotossintética (LARCHER, 2004).

Várias pesquisas demonstram que os fatores isolados, níveis de água e densidade de plantas influenciam a área foliar, matéria seca, produtividade e componentes de produção (IRENE FILHO, 2012; ANDRADE JÚNIOR et al., 2005; NASCIMENTO, 2011; TÁVORA et al., 2000; ZABOT et al., 2004; BEZERRA et al., 2012).

No entanto, cabe ressaltar que em virtude das análises individuais da influência desses dois fatores (níveis de água e densidade de plantas) não há possibilidade de indicar uma lâmina de irrigação e uma densidade populacional compatíveis e associadas.

Assim, estudos sobre aspectos morfológicos e produtivos do feijão-caupi que proporcionem compatibilização da densidade populacional e lâminas de irrigação, são importantes na medida em que são capazes de apresentar níveis adequados de dois parâmetros essenciais na eficiência de utilização da água pela cultura e na redução dos custos com insumos agrícolas.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de níveis de água e densidade de plantas e a interação destes sobre a área foliar, matéria seca, produtividade e componentes de produção do feijão-caupi.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área do experimento e manejo da cultura

O experimento foi conduzido no período de julho a setembro de 2012 no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, localizado no município de Teresina, Piauí (05°05'S; 42°48'W e 74,4m). O clima local, segundo a classificação de Thornthwaite e Mather (1955) é C1sa'a' (subúmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão) com 32 % da evapotranspiração potencial anual, entre setembro e novembro, valores médios anuais de umidade relativa do ar de 72,6 % e precipitação anual de 1.336,5 mm, concentrada nos meses de janeiro a abril (BASTOS; ANDRADE JÚNIOR, 2008). O solo da área experimental foi classificado como um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006). As características físico-hídricas e químicas da área do experimento encontram-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

**Tabela 1.** Características físico-hídricas do solo da área experimental. Teresina, PI.

Prof. (m)	Granulometria (g/kg)				Ds (Mg/m <sup>3</sup> )	CC* (% em volume)	PMP	Classificação Textural
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				
0,0 – 0,2	532,0	344,5	37,5	86,0	1,65	22,00	9,34	Areia Franca
0,2 – 0,4	453,0	358,5	52,5	136,0	1,70	20,83	11,00	Franco arenoso

**Fonte:** Laboratório de Solos - Embrapa Meio-Norte. Parnaíba - PI, 2012. \* CC: capacidade de campo definida a – 10 kPa. PMP: ponto de murcha permanente; Ds: densidade do solo.

**Tabela 2.** Características químicas do solo da área experimental. Teresina, PI.

Prof (m)	Resultados												
	MO	pH	P	K	Ca	Mg	Na	Al	H + Al	S	CTC	V	m
	g/kg	H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>										%
0,0-0,2	5,24	5,70	12,80	0,20	1,67	0,86	0,01	0,00	3,30	2,74	6,04	45,36	0,0
0,2-0,4	4,46	5,42	4,10	0,13	1,09	0,68	0,01	0,42	4,47	1,91	6,38	29,93	18,0

**Fonte:** Laboratório de Solos, Embrapa Meio-Norte, Parnaíba - PI, 2012.

O preparo do solo consistiu de roço, uma aração e uma gradagem niveladora cruzada. As adubações de fundação e cobertura foram realizadas com base na análise de solo e seguindo as exigências nutricionais do feijão-caupi (EMBRAPA, 2003). Na adubação de fundação foram aplicados 50 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  (Superfosfato simples) e 50 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  de (Cloreto de Potássio). Na adubação de cobertura, realizada aos 15 dias após a emergência, foram aplicados 20 kg de N  $ha^{-1}$  (Sulfato de Amônio).

Semeou-se, a cultivar BRS Itaim, manualmente no dia 14 de julho de 2012, em uma parcela experimental 12 x 12 m, constituída por 18 sulcos, considerando o espaçamento de 0,60 m entre linhas e com 0,03 m de profundidade. Variou-se o número de plantas dentro da linha de plantio para a obtenção das diferentes densidades populacionais, conforme Tabela 3.

**Tabela 3.** Número de plantas por metro de acordo com o espaçamento (m) entre fileiras e entre plantas dentro da fileira (EDF), em feijão-caupi.

População de plantas $ha^{-1}$	0,60 m	
	EDF (m)	Plantas $m^{-1}$
150.000	0,111	9
200.000	0,083	12
250.000	0,066	15
300.000	0,055	18

O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente com enxada e o controle preventivo de pragas com inseticida à base de Thiamethoxam (Actara<sup>®</sup>) nas doses recomendadas pelos fabricantes. Realizou-se o controle de doenças sempre que necessário.

As irrigações foram efetuadas por um sistema de aspersão convencional fixo, instalado num espaçamento de 12 x 12 m e operando sempre duas a duas linhas laterais, de modo a permitir a aplicação das lâminas de irrigação em faixas distintas. O bloco experimental era coberto por quatro aspersores, dois em cada linha lateral, com seis aspersores por linha, com combinação de bocais de 4,4 x 3,2 mm, raio de alcance de 12 m, vazão de 1,59  $m^3/h$  e pressão de serviço de  $3,0 \cdot 10^6$  Pa.

Foram aplicadas lâminas diferenciadas de irrigação, correspondentes a 150% - L5, 120% - L4, 90% - L3, 60% - L2 e 30% - L1 da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). O turno de irrigação de dois e três dias, perfazendo um total de 35 irrigações, repondo-se a ET<sub>o</sub> acumulada dos dias anteriores não irrigados. Para a coleta das lâminas de irrigação instalaram-se 16 coletores em cada faixa, totalizando 80 coletores na área experimental.

O conteúdo após cada irrigação foi medido através de uma proveta graduada para posterior cálculo da lâmina total aplicada no tratamento e para a avaliação da uniformidade do sistema de irrigação, determinada segundo Mantovani et al. (2007).

O tempo das irrigações foi calculado com o auxílio de uma planilha eletrônica em Excel<sup>®</sup>, onde eram registrados os valores diários da precipitação pluvial e evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). A ET<sub>o</sub> foi estimada pelo método de Penman-Monteith por meio do Programa Cropwat 8.0 (SMITH, 1992) utilizando os dados médios e diários de temperatura máxima e mínima do ar, velocidade do vento, insolação e umidade relativa do ar. O tempo de irrigação foi calculado através dos valores diários da ET<sub>o</sub> e do K<sub>c</sub> local, para cada estágio da cultura.

## 4.2 Crescimento e produtividade

Para determinação da área foliar por planta (AF, cm<sup>2</sup>) e matéria seca (MS, g) coletaram-se as amostras aos 20, 27, 34, 41, 48 e 55 dias após a semeadura, em duas fileiras de área útil de 6 m<sup>2</sup> (5,0 x 1,2 m). As amostras eram constituídas de quatro plantas de cada densidade, num total de 16 plantas por lâmina de irrigação.

Mediu-se a área foliar por meio do medidor eletrônico de área LI-3100, LICOR (LINCOLN, NE, USA). Após as medições de área foliar, os componentes das plantas (caule, folhas, flores e frutos) foram acondicionados em sacos de papel e levados à estufa com ventilação forçada a 65°C até atingir a massa constante, sendo posteriormente pesadas, para determinação da massa seca.

Realizou-se a colheita no dia 18 de setembro de 2012. Para tanto, dividiu-se a parcela experimental em quatro repetições (áreas úteis), sendo uma em cada densidade, com dimensões de 5,0 x 2,4 m (12 m<sup>2</sup>) cada, a partir das quais foram obtidos os componentes de produção: PG - produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>), NVP - número de vagens por planta, COMPV - comprimento de vagem (cm), NGV - número de grãos por vagem, PV - produtividade de vagens (kg ha<sup>-1</sup>) e PCG - massa de cem grãos (g). A massa de grãos do feijão-caupi foi corrigido para umidade de 13%.

## 4.3 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas em um esquema fatorial 5 x 4 com quatro repetições, onde as lâminas representam as parcelas e as densidades, as subparcelas.

Os tratamentos foram constituídos por cinco níveis de irrigação (150%, 120%, 90%, 60% e 30% da ETo) e quatro densidades de plantas: 150.000; 200.000; 250.000; 300.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

A análise de variância seguiu a estrutura de blocos casualizados com parcelas divididas, fez-se uso da regressão polinomial com modelos de primeiro e segundo grau para os níveis de irrigação e densidade populacional, de acordo com Custódio et al. (2000).

Em função do teste t, obteve-se a seleção do melhor modelo com o auxílio das significâncias de cada parâmetro, aceitando nível de significância até o limite de 15% de probabilidade (CONAGIN; JORGE, 1982).

Estimaram-se os níveis de irrigação (pontos críticos) que proporcionaram os máximos valores por meio do cálculo  $(dx/dy) = 0$ . Para todas as análises, usou-se o software SAS® (SAS INSTITUTE, 2000).

O programa computacional Surfer 10® (GOLDEN SOFTWARE INC, 2011) foi utilizado nos casos de interação significativa para a obtenção das superfícies de resposta da área foliar, produtividade e componentes de produção em função dos níveis de irrigação e densidade de plantas.

# 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 5.1 Lâminas de irrigação aplicadas

A aplicação das frações de 30%, 60%, 90%, 120% e 150% da ETo no período de desenvolvimento da cultura, resultou nas seguintes lâminas totais de irrigação aplicadas:

201,73 (L1); 260,39 (L2); 300,50 (L3); 340,34 (L4) e 393,53 mm (L5), respectivamente. Ressalta-se, que durante o período experimental não houve a ocorrência de precipitação pluviométrica, portanto a resposta produtiva ocorreu apenas em função da aplicação das lâminas de irrigação diferenciadas.

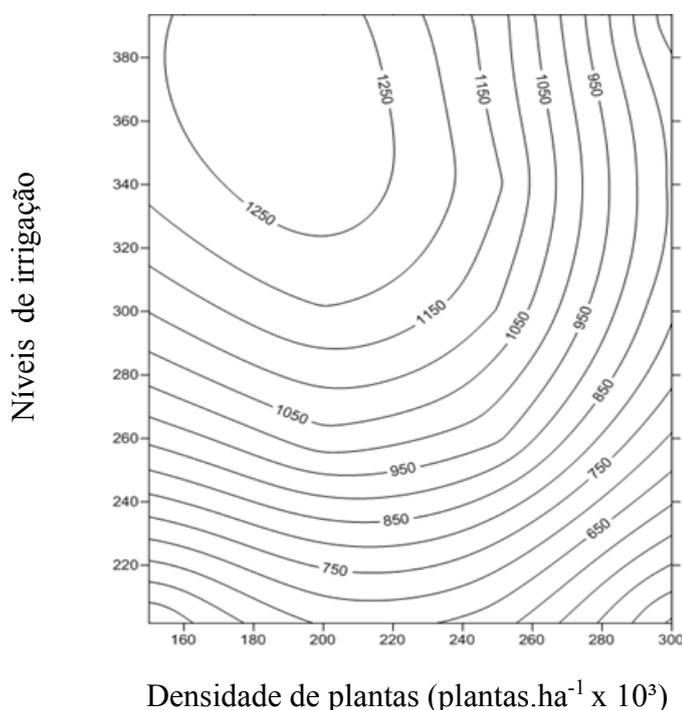
Os valores do coeficiente de uniformidade Christiansen CUC variaram de 80,3% (L2) a 86,2% (L3), o que segundo Mantovani et al. (2007), para o sistema de irrigação por aspersão convencional, são considerados adequados, uma vez que o autor recomenda para esse sistema CUC de 80%.

## 5.2 Área foliar e matéria seca

Pela análise de variância, observou-se interação estatística significativa ( $0,01 \geq p > 0,001$ ) entre a densidade populacional e os níveis de irrigação aplicados na AF do feijão-caupi. Esse resultado indicou a necessidade de geração de superfícies de resposta para a avaliação do efeito integrado da aplicação das lâminas de irrigação e densidade populacional no referido parâmetro.

Os menores valores de AF ocorreram nas menores lâminas de irrigação, sendo que à medida que se aumentou a lâmina de irrigação e a densidade populacional a AF aumentou. O aumento da AF por planta ocorreu até o ponto máximo de 1.301,89 cm<sup>2</sup> com a lâmina de 367,86 mm e a densidade de 188.000 plantas.ha<sup>-1</sup> (Figura 1).

**Figura 1.** Superfícies de resposta da área foliar (AF, cm<sup>2</sup>) do feijão-caupi, com a aplicação de níveis de irrigação e densidade de plantas.



De acordo com Taiz e Zeiger (2009), a resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico, consiste no decréscimo da produção da área foliar, no fechamento dos estômatos, na aceleração da senescência e na abscisão das folhas.

Reduções na área foliar sob deficiência hídrica também foram observados por Rocha et al. (2001) trabalhando com três cultivares de *Vigna unguiculata*. Os autores verificaram que o número de folhas reduziu em todas as cultivares, e que a redução foi mais acentuada quando as plantas foram submetidas a períodos de 30 e 45 dias de estresse.

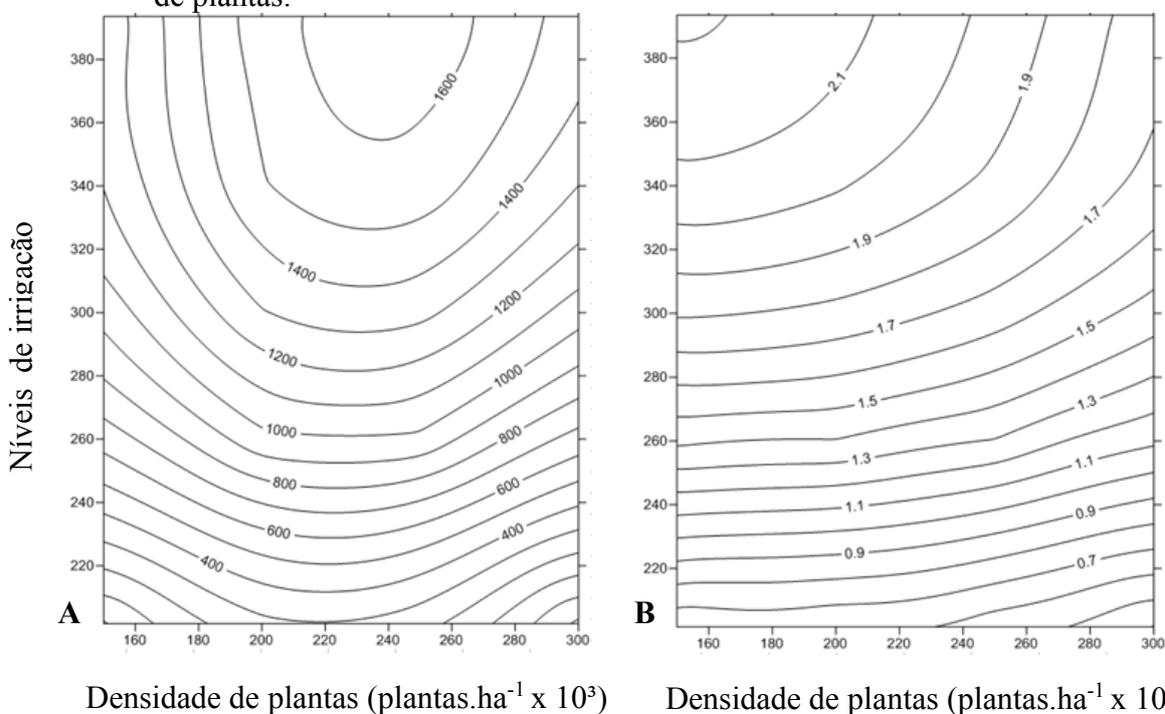
A mesma situação não ocorreu com a matéria seca onde a interação foi não-significativa. A não interação entre os tratamentos lâminas de irrigação e densidade populacional na MS é decorrente da translocação dos fotoassimilados para outros órgãos.

### 5.3 Produtividade e componentes de produção

Houve interação significativa ( $0,05 \geq p > 0,01$ ); ( $0,01 \geq p > 0,001$ ) e ( $0,15 \geq p > 0,10$ ), entre os níveis de irrigação e a densidade populacional, o que indicou a necessidade de geração de superfícies de resposta para a avaliação do efeito integrado da aplicação das lâminas de irrigação e densidade populacional nos componentes de produção: número de vagens por plantas (NVP), massa de vagem (PV), produtividade de vagens (PRODV), comprimento de vagem (COMPV), massa de cem grãos (P100G) e produtividade de grãos (PG), a exceção ocorreu para o número de grãos por vagem (NGV), onde a interação foi não-significativa.

O valor máximo de PG ( $1.668,86 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foi obtido com a lâmina de  $390,88 \text{ mm}$  e densidade populacional de  $241.000 \text{ plantas.ha}^{-1}$  (Figura 2A). Na análise do NVP os dados foram transformados em raiz quadrada, o valor máximo de NVP ( $2,24$ ) foi obtido com uma lâmina de  $393,53 \text{ mm}$  e densidade de aproximadamente  $110.000 \text{ plantas.ha}^{-1}$  (Figura 2B).

**Figura 2.** Superfícies de resposta da produtividade de grãos (2A) e número de vagens por plantas (2B) do feijão-caupi, com a aplicação de níveis de irrigação e densidade de plantas.



Bastos et al. (2008) ao estudarem os efeitos da aplicação de quatro lâminas de irrigação ( $328,7$ ;  $375,7$ ;  $421,3$  e  $505,8 \text{ mm}$ ) sobre a produtividade de grãos de feijão-caupi, cv.

BRS – Guariba e seus componentes, nas condições edafoclimáticas do Vale do Gurguéia, PI, obtiveram valor máximo de produtividade de grãos e do número de vagens por planta em função da aplicação de lâminas de irrigação, sendo que a máxima produtividade de grãos (1.192,1 kg ha<sup>-1</sup>) foi obtida com a lâmina de 421,1 mm e máximo número de vagens por planta (9,0), obtido com a lâmina de irrigação de 426,6 mm e densidade de plantas de 125.000 plantas.ha<sup>-1</sup>.

Em relação à densidade de plantas, Cardoso; Ribeiro (2006), em condições de sequeiro, observaram um rendimento máximo de grãos de 1.670 kg ha<sup>-1</sup> com uma densidade de 7,75 plantas.m<sup>-2</sup>.

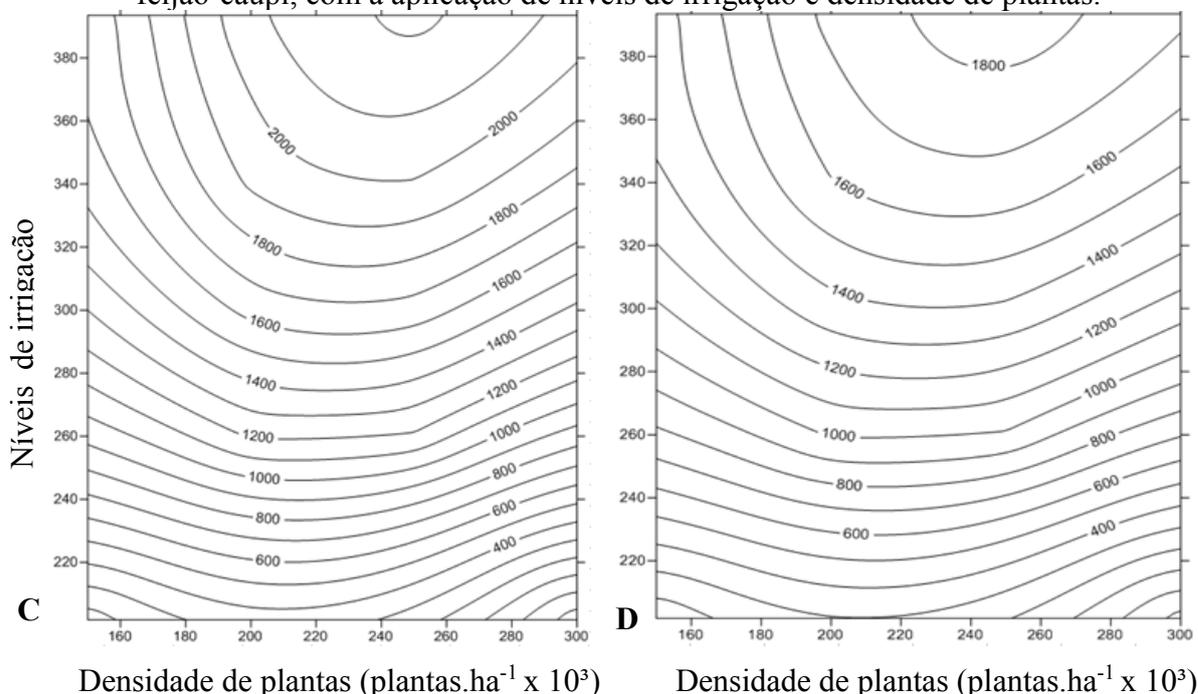
Bezerra et al. (2012) constataram redução de 63,8% no NVP quando comparadas às populações de 100 e 500 mil plantas.ha<sup>-1</sup>, as quais apresentaram, em média, 11,6 e 4,2 vagens por planta, respectivamente.

As diferenças entre as pesquisas podem estar associadas às condições edafoclimáticas, à cultivar utilizada ao manejo e, principalmente, à interação com o adensamento de plantio.

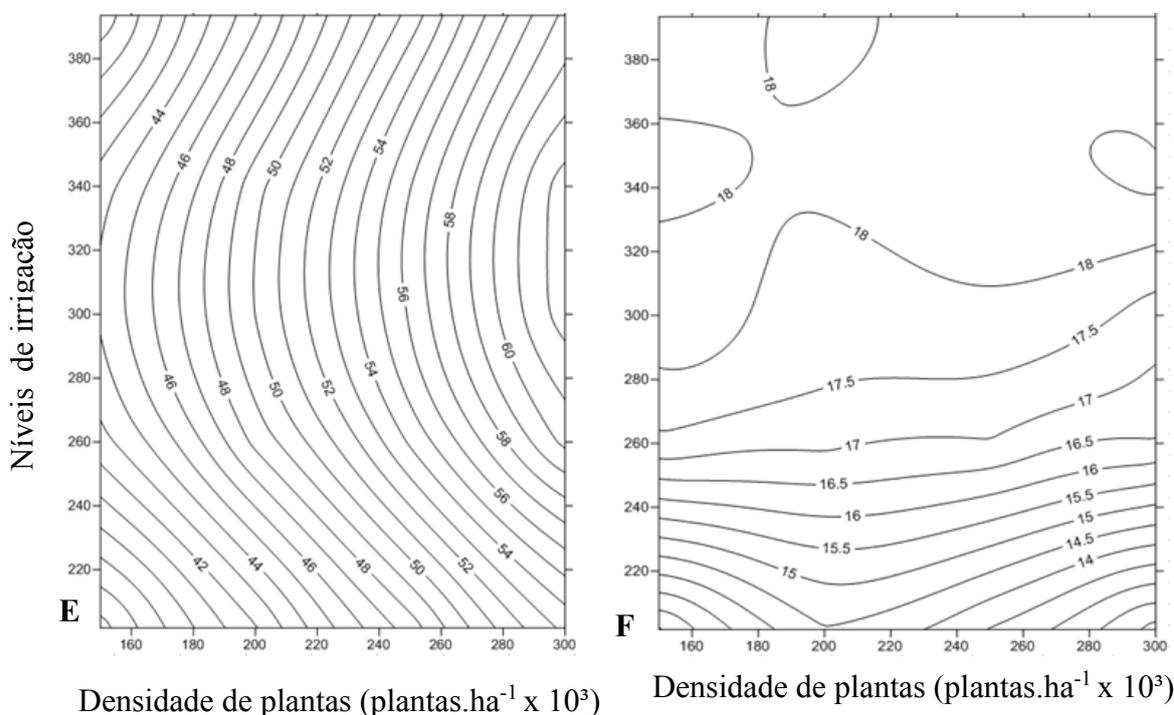
O PV e a PRODV apresentaram, respectivamente, valores máximos de 2.248,16 kg e 1.873,45 kg ha<sup>-1</sup>, com as lâminas de irrigação de 393,53 mm e densidade de plantas de 254.000 plantas ha<sup>-1</sup> (Figuras 3C e 3D).

Os valores máximos dos demais componentes de produção, comprimento de vagem (COMPV) e massa de cem grãos (P100G) foram 18,70 cm e 22,72 g, obtidos com as lâminas de irrigação de 348,40 mm e 322,63 mm e densidade de plantas de 223.000 plantas ha<sup>-1</sup> e 300.000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figuras 4E e 4F).

**Figura 3.** Superfícies de resposta da massa de vagens (3C) e produtividade de vagens (3D) do feijão-caupi, com a aplicação de níveis de irrigação e densidade de plantas.



**Figura 4.** Superfícies de resposta da massa de cem grãos (4E) e comprimento de vagens (4F) do feijão-caupi, com a aplicação de níveis de irrigação e densidade de plantas.



O efeito do aumento e interação entre níveis de água e densidade de plantas ocasionou aumento nos componentes de produção e na produtividade de grãos até um valor limite, a partir de onde ocorreram reduções nesses parâmetros de produção. As reduções estão de acordo com o comportamento da área foliar e são consequências diretas da redução da fotossíntese ocasionada pela diminuição na interceptação de luz causada pelo sombreamento mútuo originado do intenso crescimento vegetativo aliado à compressão do espaçamento entre as plantas. Segundo Moraes Neto et al (2000), o sombreamento reduz a eficiência global de interceptação de luz, e assim reduz a assimilação de carbono, o que afeta o crescimento e a produtividade das plantas pelas mudanças nas suas características morfofisiológicas.

Os menores valores observados nos componentes de produção e na produtividade ocorreram em virtude do estresse hídrico imposto pelas menores lâminas de irrigação que reduziram o conteúdo de água no solo. Esse comportamento indicou que além da intensidade luminosa, temperatura, concentração de  $\text{CO}_2$  e teor de nitrogênio da folha, a umidade do solo também é um fator que afeta a atividade fotossintética dos vegetais (MARENCO; LOPES, 2005; COSTA; MARENCO, 2007).

## 6. CONCLUSÕES

1. A área foliar elevou-se com aumentos nos níveis de água e densidade de plantas com o maior valor  $1.301,89 \text{ cm}^2$  ocorrendo com lâmina de irrigação de  $367,86 \text{ mm}$  e densidade de  $188.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ . Acima desses valores de densidade e lâmina de irrigação, a área foliar volta a reduzir-se.

2. Houve interação significativa, entre os níveis de irrigação e as densidades populacionais na produtividade de grãos, número de vagens por planta, peso de vagens, produtividade de vagens, comprimento de vagem, peso de cem grãos e eficiência do uso da água.

3. A produtividade de grãos apresentou valor máximo de: 1.668,86 kg ha<sup>-1</sup> alcançado com a lâmina de: 390,88 mm associada à densidade de: 241.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

## 7. REFERÊNCIAS

ANDRADE JÚNIOR A. S. de; RODRIGUES, B. H. N.; BASTOS, E. A. **Irrigação**. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA J. A. de A. RIBEIRO V. Q. (Ed.) Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005. P. 243-277.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Boletim Agrometeorológico do ano de 2008 para o município de Teresina, PI**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 37p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 181). 2008.

BASTOS, E. A.; RODRIGUES, B. H. N.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; CARDOSO, M. J. Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**, v. 22, n. 1, p. 43-50, 2002.

BENVINDO, R. **Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte semi-prostrado em cultivo de sequeiro e irrigado**, Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2007.

BEZERRA, A. A. de C.; ALCÂNTARA NETO, F. de; NEVES, A. C. das; MAGGIONI, K. Comportamento morfoagronômico de feijão-caupi, cv. BRS Guariba, sob diferentes densidades de plantas. **Revista Ciências Agrárias**, v. 55, n. 3, p. 184-189, jul./set. 2012.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Desempenho agrônômico do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamentos entre linhas e densidades de plantas sob regime de sequeiro. **Ciência Agrônômica**, v.37, p.102-105, 2006.

CONAGIN, A.; JORGE, J. P. N. de. Delineamento (1/5) (5x5x5) em blocos. **Bragantia**, Campinas, v. 41, n. 16, p. 155-168. 1982.

COSTA, G.F.; MARENCO, R.A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, v.37, p.229-234, 2007.

CUSTÓDIO, T.; MORAIS, A. R.; MUNIZ, J. A. Superfície de resposta em experimento com parcelas subdivididas. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 24, n.4, p. 1008 – 1023, 2000.

EMBRAPA. **Cultivo do feijão-caupi**. Sistema de Produção. Versão Eletrônica. Disponível em: <<http://sistemadeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijão/feijão-caupi/autores.htm.2003>> Acesso em: 05 março de 2010.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005b. 519 p.

GOLDEN SOFTWARE. 2011. **Surfer 10 Quick Start Guide Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers**. Disponível em: <<http://www.goldensoftware.com>. Acesso em: 20 de julho de 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2009. Disponível em: [www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa). Acesso em: 12 dez. 2012.

IRENE FILHO, J. **Desempenho produtivo e crescimento de cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes regimes hídricos**. 2012, 116 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal do Piauí, 2012.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. 2005. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Editora UFV. Viçosa, MG. 451pp.

MORAIS NETO, S.P.; GONÇALVES, J. L. de M.; TAKAKI, M.; CENCI, S.; GONÇALVES, J.C. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na mata atlântica em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v.24, n.1, p.35-45, 2000.

MANTOVANI, E. C.; SALASSIER, B.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2 ed., atual e ampl., Viçosa: Ed. UFV, 2007. 358p

NANGJU, D. Effect of density, plant type, and season on growth and yield of cowpea. **Journal of the American Society for Horticultural Scienc**. Baltimore, v. 104, n. 4, p. 466-470, July. 1979.

NASCIMENTO, S. P. do; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R. SILVA, E. M. da. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient**. vol.15 n°8, Campina Grande, 2011  
ROCHA, D. G. da F.; QUEIROZ, M. B. de; TÁVORA, F. J. A. F. **Crescimento de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. submetida à deficiência hídrica**. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 52., REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 16., 2001. João Pessoa. João Pessoa: Resumos. Ed. Gráfica JB., 2001. p. 19.

SAS INSTITUTE Inc. **SAS/STAT: user's guide, version 8.1**, Cary, 2000, v. 1, 943 p.

SMITH, M. CROPWAT. A computer program for irrigation planning and management. In: **Irrigation and rainage**, Rome: FAO, 1992, 126p. Paper 46.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TÁVORA, F. J. A. F.; CARVALHO, W. P. de; PINHO, J. L. N. de; PITOMBEIRA, J. B. Densidade de plantio na cultura do feijão-de-corda irrigado. II Componentes de produção e rendimento de grãos. **Ciência Agrônômica**. v. 31, n.1/2, p. 20-25, 2000.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Publications in Climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p.

ZABOT, L.; DUTRA, L. M. C.; JAUER, A.; LUCCA FILHO, O. A.; UHRY, D.; STEFANELO, C.; LOSEKAN, M. E.; FARIAS, J. R.; LUDWING, M. P. Análise de crescimento da cultivar de feijão BR Ipagro 44 Guapo Brilhante cultivada na safrinha em quatro densidades de semeadura em Santa Maria-RS. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.3, n.2, p. 105-115, 2004.