

## AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997; (impresso): 1981-1160

v.5, n.2, p.177-186, abr.-jun., 2010

Recife - PE, Brasil, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI 10.5039/agraria.v5i2a405

Protocolo 405 - 21/05/2008 • Aprovado em 11/02/2010

Valber M. Ferreira<sup>1</sup>

Aderson S. de Andrade Júnior<sup>2,4</sup>

Milton J. Cardoso<sup>2</sup>

Valdenir Q. Ribeiro<sup>2</sup>

Eddie L. da C. Morais<sup>3</sup>

# Performance produtiva do consórcio milho – feijão caupi e disponibilidade hídrica do solo

## RESUMO

A disponibilidade de água do solo é essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, notadamente, em cultivo de sequeiro, que depende da distribuição espacial e temporal das chuvas. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a performance produtiva e a eficiência do uso de água do consórcio milho – feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em resposta a disponibilidade hídrica do solo. O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Meio-Norte, no Município de Teresina, PI (05° 05'S; 42° 48'W e 74,4 m de altitude). Os níveis diferenciados de disponibilidade hídrica do solo foram impostos com a aplicação de diferentes lâminas de irrigação por meio de um sistema de aspersão em linha. A produtividade de grãos das culturas do milho e feijão caupi em resposta à disponibilidade hídrica do solo foi reduzida no cultivo consorciado em relação ao solteiro.

**Palavras-chave:** lâminas de irrigação, eficiência técnica, produção equivalente

## Yield performance of the maize-cowpea intercropping system in relation to the soil moisture availability

## ABSTRACT

The soil moisture availability is essential to the growth and development of plants, mainly under non-irrigated cropping systems, where the yields are dependent on the rain spatial and temporal variability. The objective of the present work was to evaluate crop yields and water efficiency use of a maize-cowpea intercropping system in response to the soil moisture availability. The experiment was carried out in the Experimental Area of Embrapa Middle-North, at Teresina municipality, Piauí State, Brazil (05° 05'S; 42° 48'W and 74.4 m). Soil moisture availability levels were obtained by a line source sprinkler irrigation system. The grain productivity of maize and cowpea in response to soil water availability was reduced in the intercropping system as compared to the individual crops.

**Key words:** irrigation depth, technical efficiency, grain yield equivalent

<sup>1</sup> Universidade Federal do Piauí (UFPI). Centro de Ciências Agrárias, Campus da Socopo, CEP 64049-550, Teresina - PI, Brasil. Fone: (86) 3215-5745. E-mail: burite@hotmail.com

<sup>2</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Meio-Norte. Av. Duque de Caxias, 5650, Buenos Aires, CEP 64006-220, Teresina - PI, Brasil. Caixa-Postal: 01. Fone: (86) 3089-9160. Fax: (86) 3089-9130. E-mail: aderson@cpamn.embrapa.br; miltoncardoso@cpamn.embrapa.br; valdenir@cpamn.embrapa.br

<sup>3</sup> Universidade Estadual do Piauí (UESPI). Rua João Cabral, 2231, Pirajá, CEP 64002-150, Teresina - PI, Brasil. Fone: (86) 3213-7398. E-mail: eddiecosta@bol.com.br

<sup>4</sup> Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

## INTRODUÇÃO

Em condições naturais de ecossistemas cultivados, a produtividade das culturas depende diretamente do meio ambiente, sendo o regime hídrico um dos fatores que mais condicionam os níveis de produtividade agrícola. Na ausência de precipitações pluviais, há a necessidade de irrigação, de forma parcial ou integral, dependendo da região do país.

A disponibilidade de água do solo é essencial para crescimento e desenvolvimento das plantas. Para uma planta completar satisfatoriamente o seu ciclo e expressar seu máximo potencial produtivo, ela requer um volume adequado de água. A quantidade de água que as plantas necessitam absorver para realizar os processos fisiológicos ligados à germinação, crescimento, desenvolvimento e produção de grãos depende da espécie vegetal, condições climáticas, solos, época e região de cultivo.

Normalmente, a quantidade total de água necessária para a irrigação é calculada levando-se em consideração os fatores agrometeorológicos, notadamente a evapotranspiração da cultura, a capacidade de armazenamento de água do solo e a profundidade efetiva do sistema radicular (Bernardo, 1989; Klar, 1991; Marouelli et al., 1994). Existem, também, diversos trabalhos que determinaram a lâmina total de irrigação para obter a maior produtividade física das culturas de milho e feijão caupi destacando-se, dentre eles, Silva et al. (1992) e Couto et al. (1986), que avaliaram os efeitos do estresse hídrico na produtividade de grãos de milho. Aguiar (1989), Rodrigues et al. (1999) e Andrade Júnior et al. (2002), trabalharam com níveis diferentes de lâminas de água na produtividade de grãos do feijão caupi. Salienta-se que todos os trabalhos citados referem-se ao cultivo solteiro, havendo uma carência de informações na literatura em relação ao cultivo consorciado.

É fundamental, portanto, o conhecimento das relações existentes entre a produtividade de grãos, níveis de manejo da água de irrigação e o uso consultivo da cultura consorciada para diferentes condições climáticas e edáficas. Com base nesses fatos, conduziu-se esta pesquisa visando avaliar a performance produtiva e as medidas de eficiência técnica e econômica do consórcio milho – feijão caupi em resposta à disponibilidade hídrica do solo, nas condições edafoclimáticas de Teresina, PI.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Meio-Norte, no Município de Teresina, PI (05°05' S; 42°48' W e 74,4 m). O clima de Teresina, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw', ou seja, tropical quente e úmido, com estação chuvosa no verão. As características químicas, nas camadas de 0 a 0,15; 0,15 a 0,35, 0,35 a 0,65 e > 0,65 m (Tabela 1), e físico-hídricas (capacidade de campo – CC e ponto de murcha permanente – PMP) do solo, em camadas de 0,1 m até a profundidade de 1,0 m (Tabela 2), foram obtidas a partir da coleta de três amostras, por cada camada, de solo da área experimental, as quais foram determinadas no

**Tabela 1.** Análise de fertilidade do solo da área experimental. Teresina, PI, 2006

**Table 1.** Analysis of soil fertility from experimental area. Municipality of Teresina, PI, 2006

Camada (m)	pH (H <sub>2</sub> O)	P		K		Ca <sup>2+</sup>		Mg <sup>2+</sup>		Al <sup>3+</sup>		SB	CTC	V (%)	MO (g kg <sup>-1</sup> )
		mg dm <sup>-3</sup>													
0 – 0,15	5,95	4,70	0,07	1,78	0,98	0,02	1,83	4,71	61,12	2,53					
0,15 – 0,35	5,38	3,10	0,04	1,54	0,70	0,30	2,95	5,28	44,09	1,56					
0,35 – 0,65	4,96	12,0	0,11	1,48	0,13	0,35	2,85	4,59	37,87	1,25					
> 0,65	5,03	5,30	0,08	1,40	0,42	0,50	2,00	3,93	49,15	1,26					

Fonte: Laboratório de Solos da Embrapa – Parnaíba –PI

**Tabela 2.** Características físico-hídricas (capacidade de campo – CC e ponto de murcha permanente – PMP) determinados em amostras de solo em laboratório

**Table 2.** Hydro physical properties (field capacity – CC and permanent wilting point – PMP) determined in soil sample at laboratory

Camada(m)	Umidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	
	PMP	CC
0,0-0,1	0,067	0,233
0,1-0,2	0,098	0,247
0,2-0,3	0,099	0,264
0,3-0,4	0,101	0,252
0,4-0,5	0,104	0,242
0,6	0,104	0,238
0,7	0,104	0,221
0,8	0,116	0,216
0,9	0,116	0,210
1,0	0,121	0,198

Fonte: Laboratório de Solos da Embrapa – Teresina –PI

Laboratório de Solo e Água da Embrapa Meio-Norte, em Parnaíba, PI. O solo do experimento foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico (Embrapa, 1999).

O trabalho foi implantado com as culturas de milho, cultivar CMS 47, e feijão-caupi, cultivar BRS–Guariba, cultivadas nos sistemas solteiro e consorciado. O arranjo espacial utilizado correspondeu a uma relação de uma fileira de milho para uma fileira de feijão-caupi (1:1) no sistema consorciado. A semeadura do milho foi feita no dia 24/08/2006, no espaçamento 0,80 m x 0,25 m (em cultivo solteiro) e de 1,0 m x 0,25 m (em cultivo consorciado). O feijão-caupi foi semeado no dia 31/08/2006, no espaçamento de 0,7 m x 0,2 m (em cultivo solteiro) e de 1,0 m x 0,25 m (em sistema consorciado). O intervalo entre datas de semeadura foi necessário para que houvesse coincidência nas fases críticas das culturas ao déficit hídrico.

A adubação de fundação foi efetuada no milho com 30 kg ha<sup>-1</sup> de N (uréia), 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples), 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio) e 5 kg ha<sup>-1</sup> de ZnSO<sub>4</sub> (sulfato de zinco). Procedeu-se à adubação de cobertura para a cultura do milho na base de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N (uréia), em duas aplicações (oitava e décima segunda folhas). No feijão-caupi, a adubação de fundação foi efetuada com 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples), 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio). Os tratamentos culturais e fitossanitários foram realizados conforme as recomendações dos sistemas de produção das culturas praticados na região (Cardoso & Athayde Sobrinho, 2007; Ribeiro, 2002).

A aplicação de água foi realizada por um sistema de irrigação por aspersão convencional fixo composto por seis linhas

laterais, as quais operaram sempre duas a duas. As linhas laterais possuíam diâmetro de 50 mm. Essas linhas eram conectadas a uma linha principal, com diâmetro de 75 mm, através de cavaletes e registros de gaveta (Figura 1).

Cada linha lateral possuía seis aspersores, da marca Fabrimar, modelo ECO-232, com combinação de bocais de 4,4 mm x 3,2 mm, raio de alcance de 12 m, vazão de 1,8 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>, espaçados de 12 m x 12 m e pressão de serviço de 2,5 kgf/cm<sup>2</sup>. Posteriormente, durante a condução do experimento determinaram-se os valores médios das lâminas de irrigação em cada parcela, utilizando-se coletores (Figura 2), instalados dentro das parcelas, cujo conteúdo após cada irrigação, era medido através de uma proveta graduada em milímetros.

O sistema de irrigação operou, até os 38 dias após a semeadura, no espaçamento de 12 m x 12 m. Após esse período, em virtude da necessidade da imposição dos níveis diferenciados de disponibilidade de água nas parcelas, o sistema passou a operar em um sistema de “aspersão em linha” (“line source sprinkler system”), de acordo com a metodologia proposta por Hanks et al. (1976). Este sistema tem sido utilizado em estudos sobre lâmina de irrigação e produtividade, tais como os de Ângulo Filho et al. (2001), Andrade Júnior et al. (2002), Bastos et al. (2002), contribuindo grandemente para a determinação de funções de produção das culturas para o fator água. Após o período de imposição dos níveis diferenciados de disponibilidade de água até a colheita, o sistema

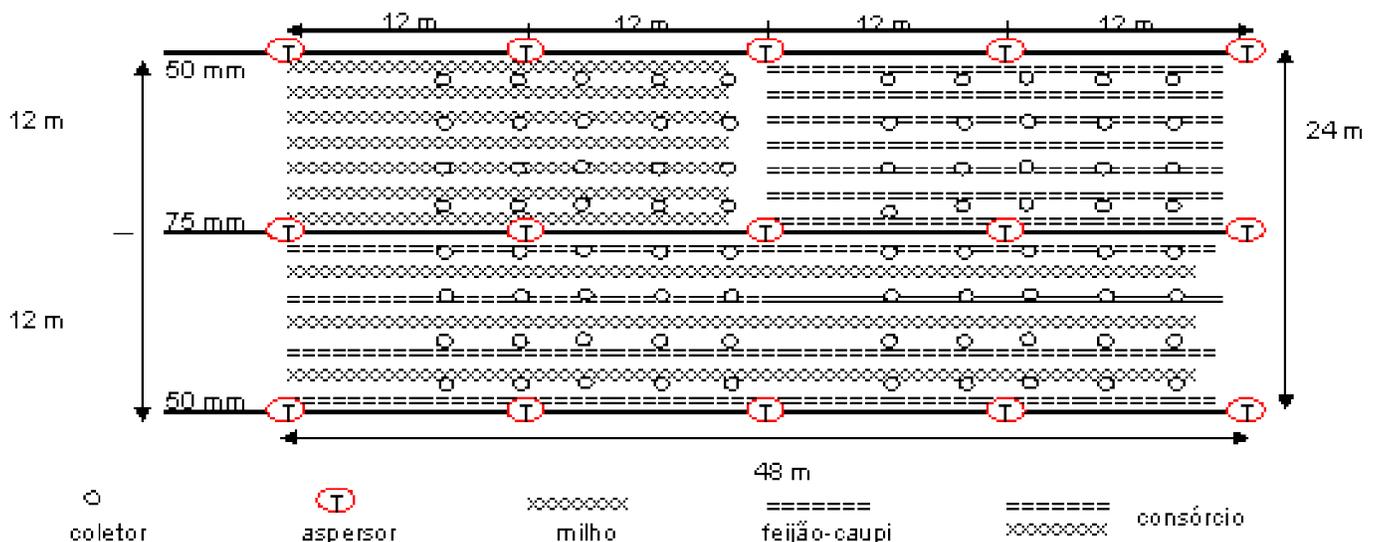


Figura 1. Sistema de irrigação por aspersão convencional usado no ensaio

Figure 1. Conventional sprinkler system used in the experiment

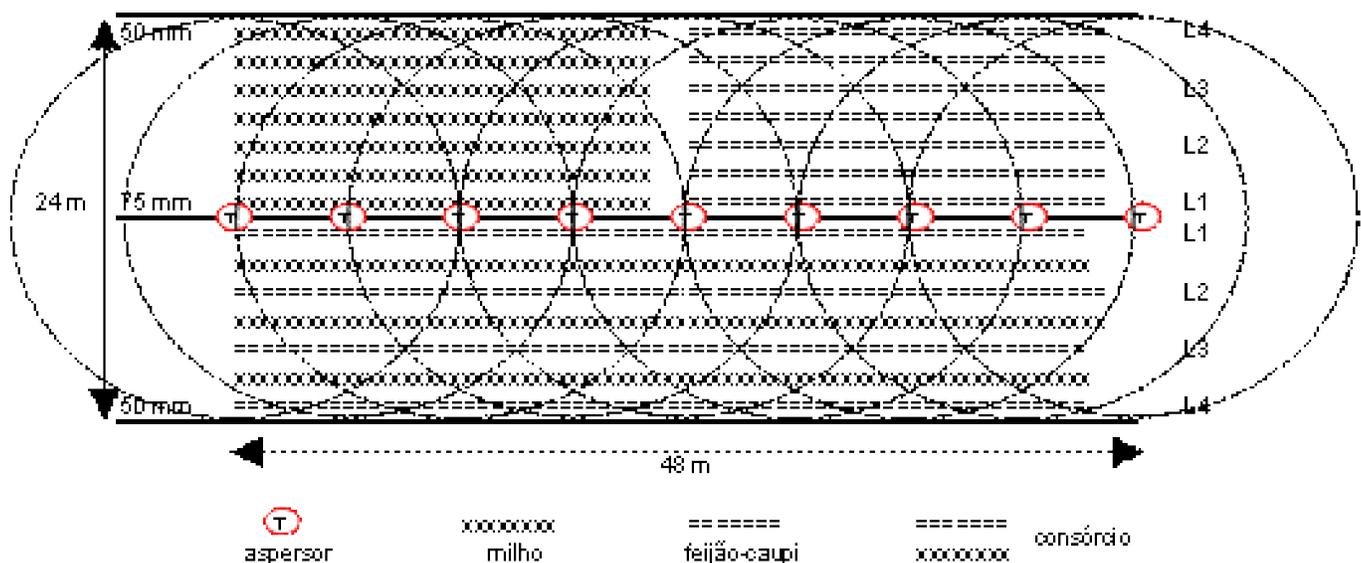


Figura 2. Sistema de irrigação por aspersão no esquema “line source”

Figure 2. Line source sprinkler system in the line source design

de irrigação novamente voltou a operar no esquema tradicional, com as linhas laterais de 12 m x 12 m.

O sistema “line source” constitui-se de uma linha central com nove aspersores, espaçados a cada 6 m, sobre uma tubulação localizada no centro da área experimental. A sobreposição dos jatos de água dos aspersores promove uma maior precipitação junto à linha de aspersores e um gradiente decrescente ao longo da direção perpendicular à tubulação (Figura 2).

Os tratamentos constaram de quatro lâminas de irrigação (Tabelas 3 e 4) e duas cultivares (milho, cultivar CMS 47 e feijão-caupi, cultivar BRS-Guariba), cultivadas em sistemas solteiro e consorciado. Os tratamentos foram dispostos em um delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Como durante o período de aplicação dos tratamentos, os níveis de irrigação não foram casualizados, não foi possível adotar-se a análise de variância formal. Mas, para ser possível uma base de comparação dos efeitos dos tratamentos aplicados, foi feito um ajuste de regressão para a avaliação de todas as variáveis em estudo e analisadas as tendências dos efeitos.

As análises de variância e regressão foram processadas usando-se programa SAS (SAS Institute, 1989). Para a análise de resíduos, utilizaram-se os dados de todos os caracteres em cada sistema de cultivo, com a finalidade de avaliar a existência de dados discrepantes e heterocedasticidade das variáveis, tratamento dos erros à distribuição normal, pressuposição da independência dos erros e aditividade no modelo matemático, segundo Garcia et al. (2002) e Parente (1984).

O manejo da irrigação foi realizado diariamente pelo método do balanço de água no solo, em planilha Excel, com base nos valores diários dos elementos climáticos temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento, os quais foram obtidos da estação agrometeorológica automática. Para facilitar a operacionalização do manejo de irrigação, as irrigações eram sempre efetuadas nos dias de terça-feira e sexta-feira. Com isso, nas irrigações efetuadas as terças-feiras fazia-se à reposição da evapotranspiração das

culturas ocorrida durante as sextas-feiras, sábados, domingos e segundas-feiras. Da mesma forma, nas irrigações efetuadas as sextas-feiras faziam-se à reposição da evapotranspiração das culturas ocorrida durante as terças-feiras, quartas-feiras e quintas-feiras. Após a semeadura do milho, todos os tratamentos receberam irrigação uniforme, com a aplicação de uma lâmina de água de 15,1 mm para garantir a germinação e o estabelecimento das culturas. Em seguida, adotou-se o manejo conforme descrito acima. Em 02/10/06, com o solo em capacidade de campo em todas as faixas de irrigação, iniciou-se a aplicação das lâminas diferenciadas de irrigação utilizando-se o sistema de aspersão em linha (“line source”). Essa fase foi concluída no dia 23/10/2006, perfazendo um total de sete irrigações diferenciadas.

Para correlacionar as respostas das culturas de milho e feijão caupi à disponibilidade hídrica do solo, em sistema de cultivo solteiro e consorciado, foram processadas medidas de produção de grãos e componentes de produção. Para o feijão-caupi, mediu-se o rendimento de grãos, o número de vagens por planta, o comprimento de vagem (cm), o número de grãos por vagem, a produção de grãos por planta (g), o peso de cem grãos (g) e a produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>). No milho, determinou-se o comprimento de espiga com palha (cm), o comprimento de espiga sem palha (cm), o peso de espigas (g), o peso de cem grãos (g) e a produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das lâminas de irrigação aplicadas nos tratamentos antes, durante e após a aplicação do sistema de aspersão em linha (“line source”), em todo o período experimental, são apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Nas Tabelas 3 e 4, observa-se uma diferenciação entre as lâminas de irrigação com o término da fase inicial até a fase final. Essa diferença foi mais acentuada no “line source” em que a lâmina L1 foi quatro vezes superior à lâmina L4, evi-

**Tabela 3.** Lâminas de irrigação aplicadas nas culturas solteiras em função da aplicação dos tratamentos

**Table 3.** Irrigation water depth applied in single crop culture in function of treatment appliance

Lâminas	Fase Inicial (mm)		Line Source (mm)	Fase Final (mm)		Chuva (mm)		Total (mm)	
	FC	M		FC	M	FC	M	FC	M
L1	165,0	225,0	170,0	16,5	42,5	38,6	64,0	390,1	501,5
L2	165,0	225,0	160,2	16,5	42,5	38,6	64,0	380,2	491,6
L3	165,0	225,0	108,5	16,5	42,5	38,6	64,0	328,6	440,0
L4	165,0	225,0	39,0	16,5	42,5	38,6	64,0	259,1	370,5

FC – feijão caupi e M – milho

**Tabela 4.** Lâminas de irrigação aplicadas nas culturas consorciadas em função da aplicação dos tratamentos

**Table 4.** Irrigation depth applied in associated cultures in function of treatment appliance

Lâminas	Fase Inicial (mm)		Line Source (mm)	Fase Final (mm)		Chuva (mm)		Total (mm)	
	FC	M		FC	M	FC	M	FC	M
L1	165,0	225,0	165,7	16,5	42,5	38,6	64,0	385,8	497,2
L2	165,0	225,0	133,4	16,5	42,5	38,6	64,0	353,5	464,9
L3	165,0	225,0	117,6	16,5	42,5	38,6	64,0	337,7	449,1
L4	165,0	225,0	48,3	16,5	42,5	38,6	64,0	268,4	379,8

FC – feijão caupi e M – milho

denciando ter ocorrido uma ampla variação no teor de água no solo para o desenvolvimento das culturas (Tabela 3). Na Tabela 4, a lâmina de irrigação tem o mesmo comportamento tendo uma diferença acentuada no “line source” em que a lâmina L1 é três vezes superior à lâmina L4, o que permitiu a variação acentuada no conteúdo de água no solo (Tabela 5).

Os valores do conteúdo de água no solo durante o período de aplicação do sistema “line source” no cultivo solteiro e consorciado de milho – feijão caupi, em consequência da aplicação das lâminas diferenciadas de irrigação, são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Conteúdo de água no solo durante a aplicação do “line source”, nas culturas solteiras e consorciadas, em função da aplicação das lâminas de irrigação

**Table 5.** Water content in soil during appliance of line source, in single crop and associated culture, in function of irrigation depth applied

Lâminas	Profundidade (m)					Média (% em volume)
	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	
<b>Feijão-caupi solteiro (% em volume)</b>						
L1	22,4	20,8	22,0	22,2	22,1	21,9
L2	20,6	17,5	19,6	20,2	21,8	19,9
L3	15,1	15,9	19,0	16,8	14,5	16,3
L4	10,3	16,5	20,1	18,6	18,5	16,8
<b>Milho solteiro (% em volume)</b>						
L1	19,1	17,5	20,3	19,5	16,6	18,6
L2	23,4	17,1	18,0	15,5	11,6	17,1
L3	21,5	16,5	16,2	16,5	18,6	17,9
L4	9,2	13,1	16,0	16,5	12,4	13,4
<b>Consórcio milho – feijão-caupi (% em volume)</b>						
L1	18,7	18,3	19,5	17,7	13,5	17,5
L2	24,0	18,2	19,8	18,7	17,0	19,5
L3	21,0	17,0	18,6	19,5	15,2	18,3
L4	6,2	12,2	14,6	15,3	14,3	12,5

Houve variação no conteúdo de água no solo nos cultivos ao longo do perfil do solo durante o período de aplicação do sistema “line source” (Tabela 5). Para o cultivo do feijão-caupi solteiro, o tratamento L1 foi o único em que o conteúdo médio de água no perfil do solo (0 – 0,50 m) se aproximou dos valores de capacidade de campo determinados em amostras de solo indeformadas em laboratório (Tabela 2). Para o milho solteiro, o conteúdo de água no solo observado na lâmina L1 (18,6 %) foi superior a L4 (13,4 %) em 39%. No consórcio, ocorreu o mesmo comportamento, sendo que o maior conteúdo de água no solo observado na lâmina L2 (17,5 %) foi superior ao menor observado na lâmina L4 (12,5 %) em aproximadamente 56 %.

Nos três sistemas de cultivo, não houve variação acentuada no conteúdo de água no solo entre os tratamentos L1 a L3 (média de 18,5 %). Porém, houve apenas destes para o conteúdo médio de água no solo obtido com a aplicação da lâmina L4 (média de 14,2 %). Essa variabilidade no conteúdo de água no solo foi responsável pelo comportamento produtivo diferenciado nos três sistemas de cultivo em resposta as lâminas de irrigação aplicadas.

Os valores referentes às médias de número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), comprimento de vagem (CV), peso de cem grãos (PCGF), produtividade de vagem (PV), produtividade de grãos (PGF) e peso de grãos

por vagem do feijão-caupi em cultivo solteiro em função das lâminas de irrigação (L) aplicadas são apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Médias de número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), comprimento de vagem (CV), peso de cem grãos (PCGF), produtividade de vagens (PV), produtividade de grãos (PGF) e peso de grãos por vagem (PGV) do feijão-caupi em cultivo solteiro em função das lâminas de irrigação aplicadas (L)

**Table 6.** Mean number of pod per plant (NVP), grain number per pod (NGV), pod length (CV), weight of one hundred grains (PCGF), pod yield (PV), grain yield (PGF) and weight of grain per pod (PGV) of cowpea in single crop culture in function of irrigation depth applied (L)

L (mm)	NVP	NGV	COMPV (cm)	PCGF (g)	PV	PGF	PGV (g)
					kg ha <sup>-1</sup>		
390,1	4,08	3,64	19,40	20,55	1991,08	1599,03	2,72
380,2	4,35	3,56	19,25	21,13	1870,95	1448,83	2,66
328,6	3,83	3,46	18,78	21,60	1360,38	1055,23	2,57
259,1	2,71	2,96	16,85	23,85	585,23	470,78	2,09

Os valores das lâminas totais de irrigação aplicadas nas parcelas foram de 390,1; 380,2; 328,6 e 259,1 mm, representando um gradiente de variação decrescente a partir da linha central de aspersores, característica inerente ao sistema de aspersão em linha. Observa-se, também, um comportamento decrescente nas variáveis de produtividade de vagem (PV), produtividade de grãos (PGF), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), comprimento de vagem (COMPV) e peso de grãos por vagem em função das lâminas totais de irrigação. O componente de produção que apresentou maior variabilidade positiva em resposta ao aumento da lâmina de irrigação e com implicação direta no aumento de produtividade de grãos foi o número de vagens por planta (NVP). Apenas o PCGF apresentou acréscimo com a redução das lâminas de irrigação aplicadas, indicando tendência de redução do tamanho do grão com o acréscimo da lâmina. Porém, essa tendência é compensada pelo componente NGV, que apresenta comportamento inverso com o acréscimo das lâminas de irrigação. Esses resultados são concordantes com aqueles obtidos por Andrade Júnior et al., (2002) que trabalhando com duas cultivares de feijão, BR 14 – Mulato e BR 17 – Gurguéia, observaram uma redução no peso de cem grãos com o aumento da lâmina de irrigação, devido ao aumento do número de grãos por vagem.

A produtividade de grãos aumentou em 339% com a maior lâmina em relação à menor, em consequência do aumento de vagens por planta. No tratamento L1 o solo possui um maior teor de umidade dando condições necessárias às plantas para o seu pleno desenvolvimento (Tabela 6).

As equações de regressão para NVP, NGV, COMPV, PV, PGF e PGV em função das lâminas de irrigação aplicadas mostrou que essas variáveis apresentaram comportamento linear segundo as equações descritas na Tabela 7.

Avaliando a produção do feijão-comum, por meio da aplicação de diferentes lâminas totais de irrigação, Carvalho et al., (1992) observaram que as lâminas variaram de 272 a 416 mm com reflexo direto no rendimento médio de grãos de

**Tabela 7.** Equações de regressão para número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), comprimento de vagem (COMPV), produtividade de vagem (PV), produtividade de grãos (PGF) e peso de grãos de vagem (PGV) do feijão-caupi em cultivo solteiro em função das lâminas de irrigação (L)

**Table 7.** Regression equation for number of pods per plant (NVP), grain number per pod (NGV), pod length (COMPV), pod yield (PV), grain yield (PGF) and weight of grain per pod (PGV) of cowpea in single crop culture in function of irrigation depth (L)

Caracteres	Equações de regressão**	R <sup>2</sup>
NVP	$Y = -0,1462 + 0,0115 L$	0,914
NGV	$Y = 1,7299 + 0,005 L$	0,941
COMPV	$Y = 12,1016 + 0,0190 L$	0,944
PV	$Y = -2163,6996 + 10,6498 L$	0,999
PGF	$Y = -1702,2733 + 8,3821 L$	0,997
PGV	$Y = 0,9258 + 0,0047 L$	0,933

\*\*L - Lâmina de irrigação, mm; os termos L e L<sup>2</sup> das equações apresentam significância estatística em nível de 1% de probabilidade pelo teste F

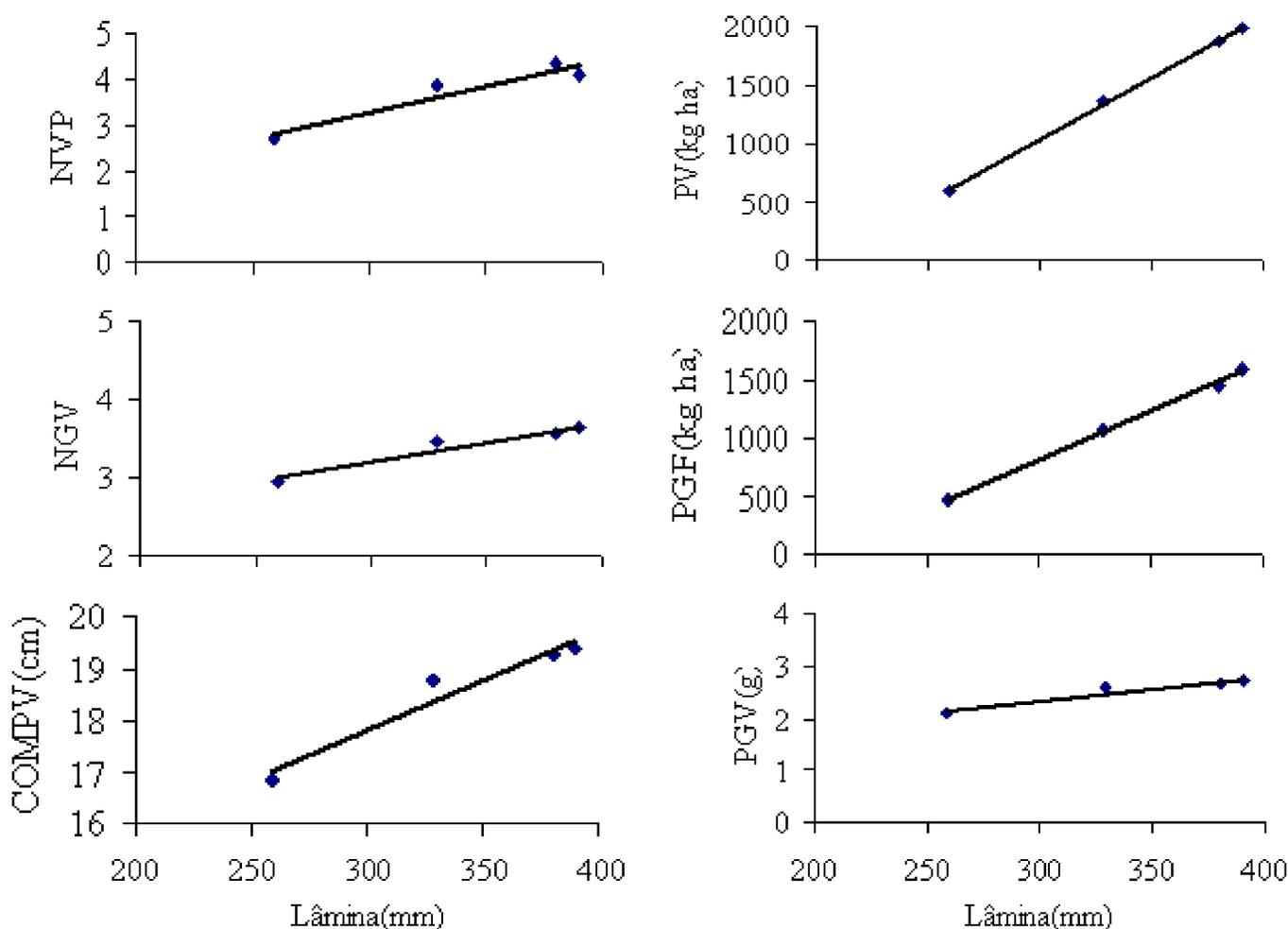
1.538,87 a 2.106,38 kg ha<sup>-1</sup>. Constatou-se, portanto, que os valores de lâminas de irrigação e produtividade de grãos obtidos no presente trabalho estão situados dentro dessa

faixa de variação de resultados. As diferenças observadas podem ser devido às cultivares utilizadas e à diversidade das condições edafoclimáticas dos locais onde os estudos foram conduzidos.

As curvas de respostas dos componentes de produção NVP, NGV, COMPV, PV, PGF e PGV à aplicação das lâminas de irrigação são apresentadas na Figura 3. Todos os componentes apresentaram efeito linear para a aplicação das lâminas de irrigação.

Para os componentes NVP, NGV, PV, COMPV, PGF, PGV os maiores valores foram obtidos com a maior lâmina de irrigação aplicada. Tal comportamento nos permite afirmar que a maior lâmina de irrigação aplicada ainda não foi suficiente o bastante para a obtenção dos valores máximos desses componentes.

Os valores referentes às médias de peso médio de espiga (PME), peso de grãos por espiga (PGE), produção de grãos de milho (PGM) e comprimento de espiga (CE) em cultivo solteiro, em função das lâminas de irrigação (L) aplicadas, são apresentados na Tabela 8.



**Figura 3.** Número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), comprimento de vagem (COMPV), produtividade de vagem (PV), produtividade de grãos (PGF) e peso de grãos por vagem (PGV) do feijão-caupi em cultivo solteiro em função das lâminas de irrigação (L)

**Figure 3.** Number of pods per plant (NVP), grain number per pod (NGV), pod length (COMPV), pod yield (PV), maize grain yield (PGF) and weight of grain per pod (PGV) of cowpea in single crop culture in function of irrigation depth (L)

**Tabela 8.** Médias peso de espiga (PME), peso de grãos por espiga (PGE), produção de grãos de milho (PGM), altura da planta (AP) e comprimento de espiga (CE) em cultivo solteiro em função das lâminas de irrigação aplicadas (L)

**Table 8.** Mean weight of ear (PME), grain weight per ear (PGE), maize grain yield (PGM), plant height (AP) and affected ear (CE) in single crop culture in function of irrigation depth applied (L)

L (mm)	PME (g)	PGE (g)	PGM (kg ha <sup>-1</sup> )	CE (cm)
501,5	108,45	79,45	4214,58	17,93
491,6	113,85	81,45	3860,40	17,40
440,0	114,80	79,73	3272,93	16,93
370,5	40,95	24,10	534,38	9,58

Houve comportamento decrescente nas variáveis de produtividade de grãos (PGM) e comprimento de espiga (CE) em função das lâminas totais de irrigação. A produtividade de grãos (PGM) aumentou em aproximadamente 788% com a aplicação da maior lâmina em relação à menor lâmina. Pode-se verificar que o tratamento L1 proporcionou níveis de conteúdo de água no solo superiores aos resultantes da aplicação do tratamento L4 (Tabela 8), justificando o incremento de produtividade. O mesmo comportamento foi encontrado por Silva et al. (1992) quando trabalharam com cinco níveis diferentes de lâmina de água, sendo que as lâminas totais (precipitação + lâmina média aplicada) variaram entre 109 até 753 mm, para o ciclo total da cultura, obtendo-se produtividades variando entre 1.638,3 até 8.543,2 kg ha<sup>-1</sup>.

As equações de regressão para PME, PGE, PGM e CE, para o milho em cultivo solteiro, em função das lâminas de irrigação aplicadas, mostrou que essas variáveis apresentaram comportamento linear e quadrático segundo as equações descritas na Tabela 9. As lâminas de irrigação proporcionaram um incremento na produtividade e nos componentes de produção até alcançarem seus valores máximos, a partir dos quais, com acréscimos nas lâminas de água, houve tendência de redução da produtividade e componentes. No entanto, tal comportamento não se manifestou para o componente CE, que apresentou efeito linear e para o qual não se obteve o valor máximo estimado.

O rendimento máximo de grãos de 4.091,0 kg ha<sup>-1</sup> estimado pela equação de regressão ocorreu com a aplicação de uma lâmina total de 507,7 mm (Tabela 10). O peso médio da espiga (PME) e peso de grãos por espiga (PGE) evidenciam aumen-

**Tabela 9.** Equações de regressão para peso médio de espiga (PME), peso de grãos por espiga (PGE), produção de grãos de milho (PGM) e comprimento de espiga (CE) em cultivo solteiro, em função das lâminas de irrigação (L)

**Table 9.** Regression equation for mean weight of ear (PME), grain weight per maize (PGE), grain yield (PGM), and affected ear (CE) in single crop culture in function of irrigation depth applied (L)

Caracteres	Equações de regressão**	R <sup>2</sup>
PME	Y = - 1803,7596 + 8,2772 L - 0,009 L <sup>2</sup>	0,999
PGE	Y = - 1275,4918 + 5,7904 L - 0,0062 L <sup>2</sup>	0,999
PGM	Y = - 44422,7962 + 191,1052L - 0,1882 L <sup>2</sup>	0,994
CE	Y = - 12,1356 + 0,0612 L	0,867

\* L – Lâmina de irrigação, mm; os termos L e L<sup>2</sup> das equações apresentam significância estatística em nível de 5% de probabilidade pelo teste F

**Tabela 10.** Médias de número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), produtividade de vagem (PV) e produtividade de grãos (PGF) do feijão-caupi em cultivo consorciado em função das lâminas de irrigação aplicadas (L)

**Table 10.** Mean number of pod per plant (NVP), grain number per pod (NGV), yield of pod (PV) and yield of grain (PGF) of cowpea in associated culture in function of irrigation depth applied (L)

L (mm)	NVP	NGV	PV (kg ha <sup>-1</sup> )	PGF (kg ha <sup>-1</sup> )
385,80	17,63	12,93	1128,23	901,13
353,50	9,32	11,78	553,33	454,43
337,70	6,89	12,38	562,25	403,04
268,40	5,57	10,40	342,78	194,45

to em função das lâminas totais aplicadas. O peso médio de espiga alcançou um valor máximo de 99,3 cm, com a aplicação de uma lâmina de 459,8 mm, e o peso de grãos por espiga máximo foi de 76,5g, com uma lâmina de 467 mm.

As curvas de respostas dos componentes de produção peso médio de espiga (PME), peso de grãos de milho (PGE), produção de grãos de milho (PGM), altura da planta (AP) e comprimento de espiga (CE) à aplicação das lâminas de irrigação são apresentadas na Figura 4. Segundo a análise de regressão, com exceção do AP e CE, os demais componentes apresentaram efeito quadrático para a aplicação das lâminas de irrigação.

Os valores referentes às médias de número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), produtividade de vagem (PV) e produtividade de grãos (PGF) para o feijão-caupi em cultivo consorciado, em função das lâminas de irrigação (L) aplicadas, são apresentados na Tabela 10.

Houve correlações positivas nos componentes de produção em que seus menores valores estão associados aos menores valores das lâminas de irrigação. Esta correlação é mais expressiva nos componentes de NVP e PGF. Este resultado confirma a hipótese de que o componente de produção NVP é o que mais contribui para o aumento da produtividade de grãos em feijão-caupi (Cardoso et al., 1995; Cardoso et al., 1997).

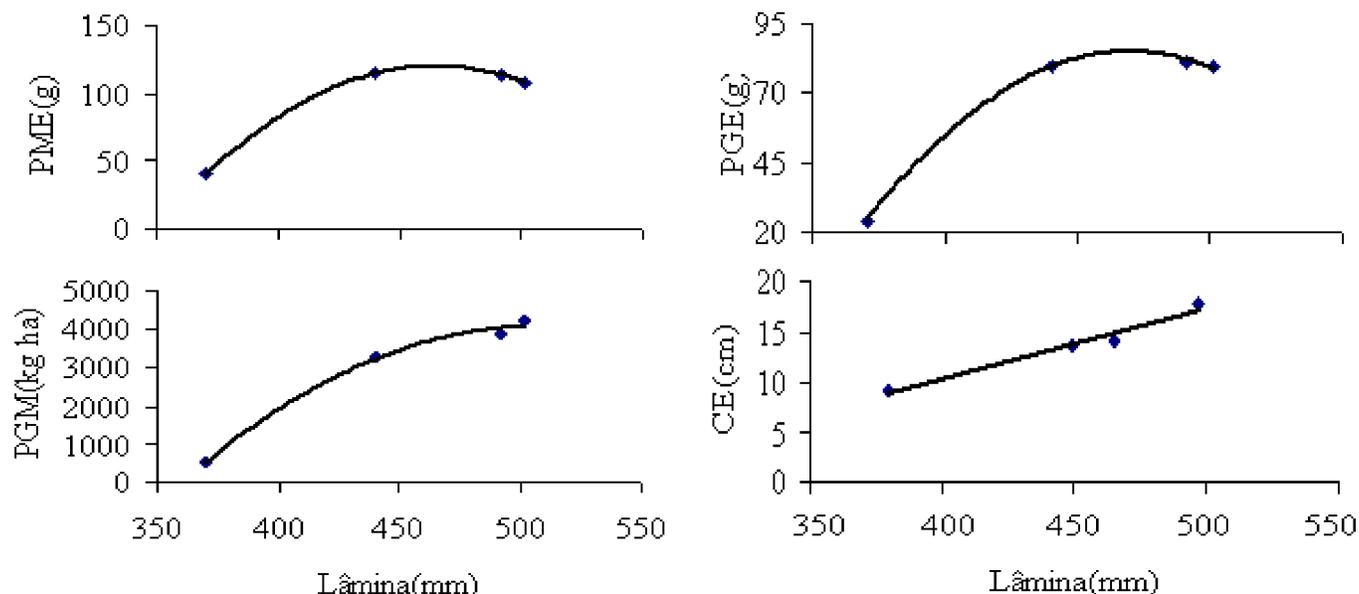
As equações de regressão para NVP, PV, PGF e NGV, para o feijão-caupi em consórcio, em função das lâminas de irrigação aplicadas, mostrou que tais componentes de produção apresentam comportamento linear segundo as equações descritas na Tabela 11.

**Tabela 11.** Equações de regressão para número de vagens por planta (NVP), produtividade de vagem (PV), produtividade de grãos (PGF), número de grãos por vagem (NGV) do feijão-caupi em consórcio em função das lâminas de irrigação (L)

**Table 11.** Regression equation for pod number per plant (NVP), pod yield (PGF), grain number per pod (NGV) of cowpea in associated culture in function of irrigation depth (L)

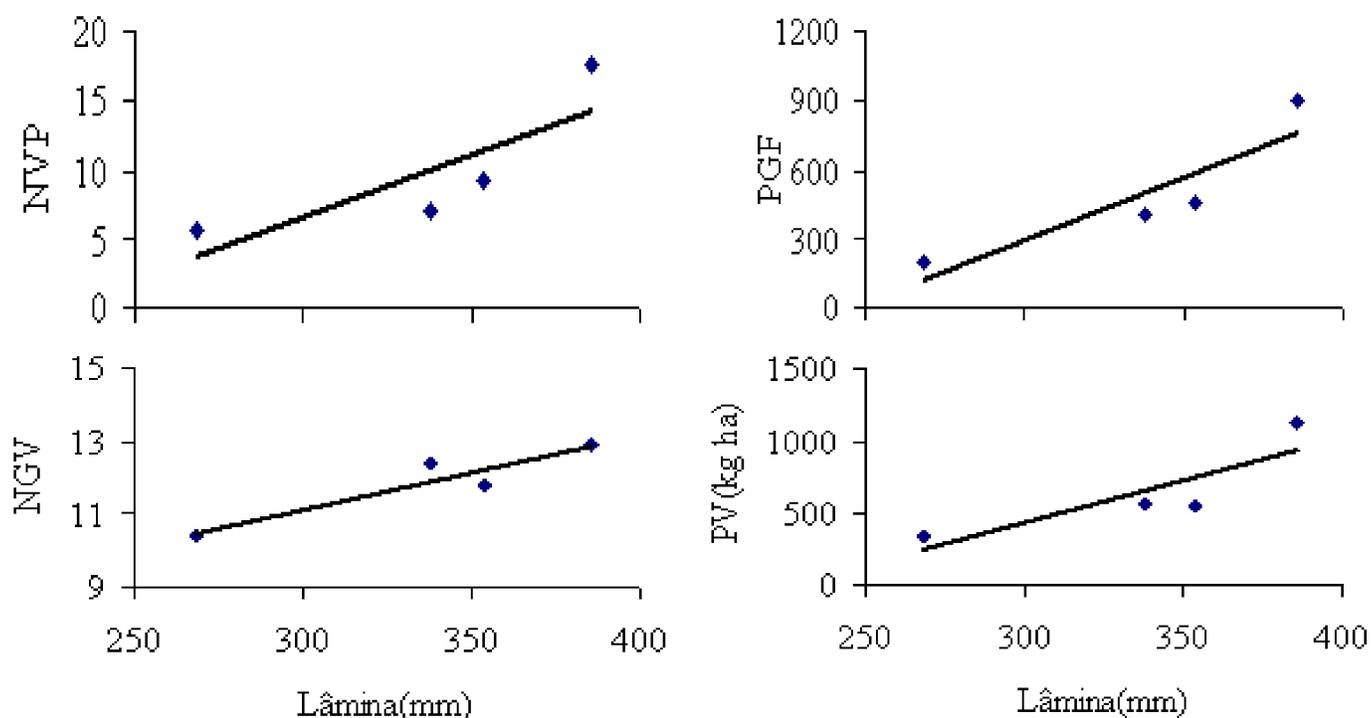
Caracteres	Equações de regressão**	R <sup>2</sup>
NVP	Y = - 20,434 + 0,09 L	0,678
PV	Y = - 1307,3 + 5,8093 L	0,730
PGF	Y = - 1325,7 + 5,3932 L	0,807
NGV	Y = 4,9617 + 0,0205 L	0,877

\* \*L – Lâmina de irrigação, mm; os termos L das equações apresentam significância estatística em nível de 1% de probabilidade pelo teste F



**Figura 4.** Peso médio de espiga (PME), peso de grãos de milho (PGE), produção de grãos de milho (PGM) e comprimento de espiga (CE)

**Figure 4.** Mean weight of ear (PME), grain weight of maize (PGE), grain yield of maize (PGM) and affection of ear (CE)



**Figura 5.** Número de vagens por planta (NVP), produtividade de grãos (PGF), número de grãos por vagem (NGV) e produtividade de vagem (PV) para o feijão-caupi em consórcio em função das lâminas de irrigação (L)

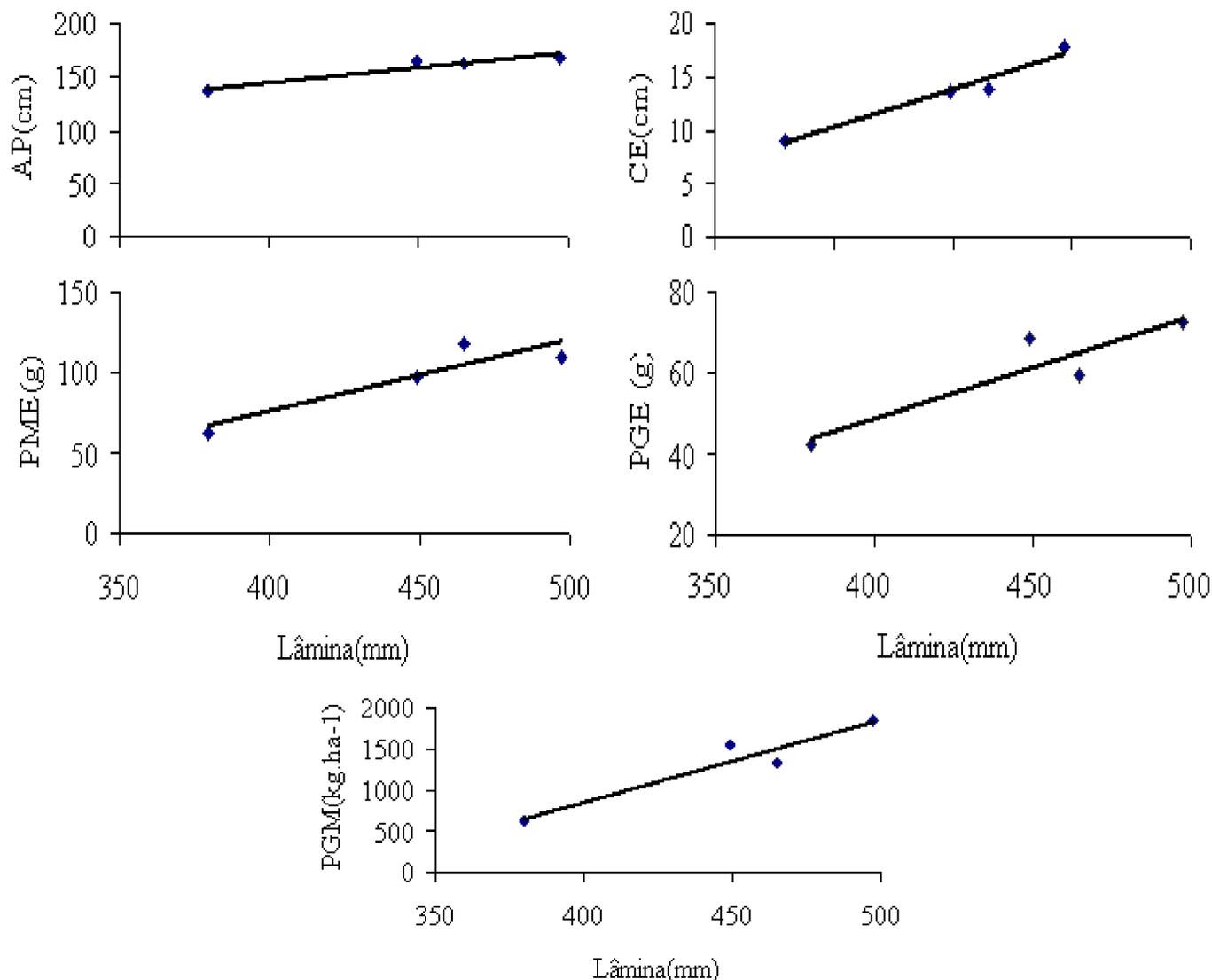
**Figure 5.** Pod number per plant (NVP), grain yield (PGF), grain number per pod (NGV) and pod yield (PV) for cowpea in associated culture in function of irrigation depth (L)

Todas as variáveis apresentaram efeito linear em resposta à aplicação das lâminas de irrigação (Tabela 12). Os maiores valores de NGV (14,3), PV (2091,3), PGF (755,0) e NGV (12,9) foram obtidos com a maior lâmina de irrigação correspondente a 385,8 mm.

As curvas de resposta dos componentes, número de vagens por planta (NVP), produtividade de grãos (PGF), número

de grãos por vagem (NGV) e produtividade de vagem (PV) para o feijão-caupi em consórcio com o milho, a aplicação das lâminas de irrigação são apresentadas na Figura 5. Os componentes apresentaram comportamento linear crescente com a aplicação das lâminas de irrigação.

Os valores referentes às médias de peso médio de espiga (PME), peso de grãos de espiga (PGE), produção de grãos de



**Figura 6.** Altura da planta (AP), comprimento de espiga (CE), peso médio de espiga (PME), peso de grãos de milho (PGE) e produção de grãos de milho (PGM), em cultivo consorciado com o feijão-caupi, em função das lâminas de irrigação (L)

**Figure 6.** Plant height (AP), length of ear (CE), mean weight of ear (PME), mean weight of maize grain (PGE) and maize grain yield (PGM), in associated culture with cowpea, in function of irrigation depth (L)

milho (PGM), altura da planta (AP) e comprimento de espiga (CE) em cultivo consorciado com o feijão-caupi, em função das lâminas de irrigação (L) aplicadas são apresentados na Tabela 12.

**Tabela 12.** Médias de peso médio de espiga (PME), peso de grãos de espiga (PGE), produção de grãos de milho (PGM), altura da planta (AP) e comprimento de espiga (CE) em cultivo consorciado em função das lâminas de irrigação aplicadas (L)

**Table 12.** Means of mean weight of ear (PME), grain weight of ear (PGE), maize grain yield (PGM), plant height (AP) and affection of ear (CE) in associated culture in function of irrigation depth applied (L)

L (mm)	PME (g)	PGE (g)	PGM (kg ha <sup>-1</sup> )	AP (cm)	CE (cm)
497,2	110,70	72,80	1850,55	168,25	17,75
464,9	118,75	59,60	1324,45	162,50	13,97
449,1	97,24	68,95	1534,55	163,75	13,60
379,8	63,82	41,95	630,42	136,00	9,10

Houve correlação positiva para todos os componentes. A produtividade variou de 1.850,55 kg ha<sup>-1</sup> a 630,42 kg ha<sup>-1</sup> correspondendo a um incremento de 293%. O mesmo comportamento foi observado por Silva et al., (1992), quando alcançou as maiores produtividades de grãos de milho com a aplicação das maiores lâminas de irrigação.

As equações de regressão para AP, CE, PME, PGE e PGM, para o milho em cultivo consorciado, em função das lâminas de irrigação aplicadas, mostrou que essas variáveis apresentaram comportamento linear segundo as equações descritas na Tabela 13.

Observou-se que AP aumentou com o incremento das aplicações das lâminas de irrigação que pode ser explicado pelo modelo de regressão linear. O maior valor de AP (168,25 cm) foi alcançado com a aplicação da lâmina de irrigação de 497,2 mm. O CE variou de 9,10 cm a 17,75 cm, correspondendo a um incremento de 95%. O melhor modelo de regressão

**Tabela 13.** Equações de regressão para altura da planta (AP), comprimento de espiga (CE), peso médio de espiga (PME), peso de grãos de espiga (PGE) e produção de grãos de milho (PGM), em cultivo consorciado com o feijão-caupi, em função das lâminas de irrigação (L)

**Table 13.** Regression equation for plant height (AP), ear length (CE), mean weight of ear (PME), grain weight of ear (PGE) and grain yield of maize (PGM), in associated culture with cowpea, in function of irrigation depth (L)

Caracteres	Equações de regressão**	R <sup>2</sup>
AP	$Y = 30,6550 + 0,2836 L$	0,985
CE	$Y = -17,8782 + 0,0703 L$	0,967
PME	$Y = -103,4780 + 0,4491 L$	0,843
PGE	$Y = -52,6373 + 0,2534 L$	0,833
PGM	$Y = -3134,8474 + 9,9829 L$	0,914

\* \*L - Lâmina de irrigação, mm; os termos L das equações apresentam significância estatística em nível de 1% de probabilidade pelo teste F

que se ajustou foi o linear. Os componentes de produção PME, PGE e PGM apresentaram comportamento crescente com o incremento da lâmina de irrigação revelando resposta linear, significando que à medida que os níveis de irrigação aumentam ocorre um aumento nestes componentes de produção (Figura 6).

## CONCLUSÃO

A produtividade de grãos das culturas do milho e feijão-caupi em resposta à disponibilidade hídrica do solo foi reduzida nos plantios consorciados em relação aos plantios solteiros.

## LITERATURA CITADA

Aguiar, J. V. Determinação do consumo de água e da função de produção do caupi irrigado no Município de Bragança, Pará. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1989. 106 p. Dissertação Mestrado.

Andrade Junior, A. S.; Rodrigues, B. H. N.; Frizzone, J. A.; Cardoso, M. J.; Bastos, E. A.; Melo, F. de B. Níveis de irrigação no cultivo do feijão caupi: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, n. 1, p. 17-20, 2002.

Ângulo Filho, R.; Cunha, C. A. H. da; Rudorff, B. F. T.; Moreira, M. A. Comportamento espectral da cultura do feijão (IAC- carioca 80) irrigado com diferentes lâminas de água. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., 2001, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 2001. p. 3-10. (Sessão Técnica Oral – Workshops).

Bastos, E. A.; Rodrigues, B. H. N.; Andrade Junior, A. S.; Cardoso, M. J. Parâmetro de crescimento do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos. Engenharia Agrícola, v. 22, n. 1, p. 43-50, jan. 2002.

Bernardo, S. Manual de irrigação. 5. ed. Viçosa: UFV, 1989. 596 p.

Cardoso, M. J.; Andrade Júnior, A. S.; Melo, F. de B.; Frota, A. B. Avaliação agroeconômica da produção de sementes de caupi sob irrigação. Teresina: Embrapa-CPAMN, 1995. 6 p. (Embrapa-CPAMN. Comunicado Técnico, 62).

Cardoso, M. J.; Melo, F. de B.; Andrade Júnior, A. S. Densidade de plantas de caupi em regime irrigado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 32, n. 4, p. 399-405, 1997.

Cardoso, M.J.; Athayde Sobrinho, C. (Org.). O milho no Meio-Norte do Brasil: estratégias básicas de manejo. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007. 384 p.

Carvalho, A. M.; Silva, A. M.; Couto, L. Efeito de lâminas de água e épocas de parcelamento de nitrogênio em cobertura via fertirrigação no rendimento de grãos do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Carioca. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 9., 1992, Natal. Anais. Fortaleza: ABID, 1992. p. 767-789.

Couto, L.; Costa, E. F.; Viana, R. T. Avaliação e comportamento de cultivares de milho em diferentes condições de disponibilidade de água no solo. Sete Lagoas: Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 1986. p. 77-78 (Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1980-84, v. 2).

Empresa de Pesquisa Agropecuária Brasileira - Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa, 1999. 412p.

Garcia, A. A. F.; Barbin, D.; Piedade, S. M. de S. LCE 602: estatística experimental (aulas práticas). Piracicaba: ESALQ, 2002. 63 p.

Hanks, R. J.; Keller, J.; Rasmussen, V. P.; Wilson, G. D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation crop production studies. Journal of the Soil Science of America, v. 40, n.9, p. 426-429, 1976.

Marouelli, W. A.; Silva, W. L. de C. da; Silva, H. R. Manejo da irrigação em hortaliças. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1994. 60 p.

Parente, R. C. P. Aspectos da análise de resíduos. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1984. 139p. Dissertação Mestrado.

Ribeiro, V. Q. (Ed.). Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 110 p. (Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção, 2).

Rodrigues, B. H. N.; Andrade Junior, A. S. de; Cardoso, M. J.; Melo, F. de B.; Bastos, E. A. Níveis de irrigação sobre a produção de vagens e grãos verdes de feijão caupi. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 28., Pelotas, 1999, Anais. Pelotas: SBEA: UFPel, 1999. CD Rom.

SAS Intitute. SAS/STAT. User's guide version 6. 4 ed. Cary, N.C.: SAS, 1989, 2v.

Silva, D.D. da; Loureiro, B.T.; Bernardo, S.; Galvão, J.D. Efeitos de lâminas de água e doses de nitrogênio na cultura do milho irrigada por aspersão em linha. Revista Ceres, v.39, n.222, p.91-104, 1992

Klar, A.E. Frequência e quantidade de aplicação. São Paulo: Nobel, 1991. 156 p.