

Desempenho agronômico de milho consorciado com feijão-de-corda em diferentes populações e arranjos de plantas no semiárido mineiro

Agronomic performance of maize intercropped with cowpea under different populations and plant arrangements in the semi-arid region of Minas Gerais

Márcio Adriano Santos¹, Paulo Sérgio Cardoso Batista^{2*}, Maurício Ferreira Lopes³, Marcelo Geraldo de Moraes Silva⁴, Alberto Luiz Ferreira Berto¹

Resumo: O cultivo do milho em consórcio com o feijão-de-corda é uma alternativa para o agricultor familiar, podendo proporcionar maior retorno econômico e aproveitamento da área de cultivo. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho agronômico do milho BRS Caatingueiro e do feijão-de-corda consorciados em diferentes densidades populacionais e arranjos de plantas. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições, sendo cada unidade experimental constituída por uma parcela de 4,0 x 4,0 m. Os tratamentos foram: MS – milho solteiro no espaçamento de 1,0 m; FS - feijão-de-corda solteiro no espaçamento de 0,5 m; MF - fileiras simples de milho espaçadas de 1,0 m, com uma fileira intercalar de feijão-de-corda; MFF - fileiras simples de milho espaçadas de 1,0 m, com duas fileiras de feijão-de-corda; MFF - fileiras duplas de milho espaçadas de 0,5 m, com 1,0 m entre as duplas, com uma fileira intercalar de feijão-de-corda; MMFF - fileiras duplas de milho espaçadas de 0,5 m, com 1,0 m entre as duplas, com duas fileiras intercalares de feijão-de-corda; MFC - milho espaçado de 1,0 m com plantio de feijão-de-corda na mesma cova. Os sistemas de consórcio avaliados afetaram a produtividade do milho BRS Caatingueiro e do feijão-de-corda. Os IEAs obtidos mostram que o consórcio entre milho e feijão-de-corda, nos arranjos MFF, MMFF e MFC, é vantajoso do ponto de vista agronômico.

Palavras-chave: Consórcio. Produtividade. *Vigna unguiculata*. *Zea mays*.

Abstract: The cultivation of maize intercropped with cowpea is an alternative for the family farmer, which can provide greater economic returns and better use of the area under cultivation. The aim of this study therefore, was to evaluate the agronomic performance of maize, BRS Caatingueiro, intercropped with cowpea under different population densities and plant arrangements. The experimental design was of randomised blocks, with seven treatments and four replications, with each experimental unit consisting of one 4.0 x 4.0 m plot. The treatments were: MS - monocrop maize at a spacing of 1.0 m; FS - monocrop cowpea at a spacing of 0.5 m; MF - single rows of maize, spaced 1.0 m apart, with an intermediate row of cowpea; MFF - single rows of maize spaced 1.0 m apart, with two rows of cowpea; MFF - double rows of maize spaced 0.5 m apart, with 1.0 m between double rows and an intermediate row of cowpea; MMFF - double rows of maize spaced 0.5 m apart, with 1.0 m between double rows and two intermediate rows of cowpea; MFC – maize at a spacing of 1.0 m, with cowpea planted in the same hole. The intercropped systems under evaluation affected productivity in the maize, BRS Caatingueiro, and in the cowpea. The LERs obtained, show that under the MFF, MMFF and MFC arrangements, intercropping maize with cowpea is advantageous from the agronomic point of view.

Key words: Intercropping. Productivity. *Vigna unguiculata*. *Zea mays*.

*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 05/02/2016 e aprovado em 04/09/2016

¹Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - Campus Janaína, Janaína, MG, Brasil, marcio.santos@ifnmg.edu.br, albertoberto@oi.com.br

²Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Rodovia MGT 367, Km 583, n. 5000, Alto da Jacuba, Diamantina, MG, Brasil, paulosergiocardoso@yahoo.com.br

³Companhia Nacional de Abastecimento, Campo Grande, MS, Brasil, mauricioagronomo@yahoo.com.br

⁴Instituto Federal Fluminense - Campus Cambuci, Cambuci, RJ, Brasil, mcoro2003@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

No mundo, 33% das terras são compreendidas pelas regiões áridas e semiáridas, perfazendo, aproximadamente, 1/3 da superfície total do planeta terra (SILVA, 2006). No Brasil, a região semiárida abrange, aproximadamente, 60% da área do Nordeste, mais o Norte de Minas Gerais. Os problemas básicos dessa região são a escassez e a irregularidade de chuvas, com precipitações pluviométricas médias anuais iguais ou inferiores a 800 mm (CIRILO, 2008).

Em função das características edafoclimáticas e da vulnerabilidade às limitações ambientais, os cultivos na região, dependentes da chuva, são caracterizados como de subsistência, sendo o milho e o feijão as principais culturas (BRITO *et al.*, 2012).

O milho é a principal fonte energética alimentar do mundo. Sua importância baseia-se nas diversas formas de utilização, que vão desde alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. O Brasil tem se destacado como o terceiro maior produtor dessa cultura, atrás de Estados Unidos e China, com uma produção em 2014 de 79,87 milhões de toneladas (FAO, 2015).

O feijão-de-corda ou feijão-caupi apresenta grande importância para a região semiárida brasileira, sendo um importante componente da dieta alimentar por apresentar um alto valor nutritivo, além de atuar na fixação da mão de obra no campo, gerando emprego e renda para essa região (LIMA *et al.*, 2007; ROCHA *et al.*, 2009).

O plantio do feijão em consórcio com milho é uma prática comum no Brasil, sendo realizado principalmente por pequenos produtores (COSTA; SILVA, 2008). Sistemas consorciados consistem na exploração de diferentes espécies de plantas no mesmo tempo e área (SOUZA; MACEDO, 2007), melhorando o aproveitamento das áreas de cultivo, incrementando o retorno econômico dos produtores e aumentando a oferta de alimentos para a população local (MUSHAGALUSA *et al.*, 2008). Em Minas Gerais, estima-se que 65% do feijão-comum das águas e 50% do feijão-comum da seca estejam consorciados com milho e outras culturas (COSTA; SILVA, 2008). Para a região semiárida mineira, o feijão-de-corda pode ser utilizado no consórcio em substituição ao feijão-comum por se tratar de uma espécie rústica e mais adaptada às condições de clima e solo dessa região.

O consórcio com as leguminosas consiste em uma prática recomendada, pois as plantas estabelecem uma relação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio no solo, beneficiando a planta consorte e possibilitando a redução do uso de fertilizantes nitrogenados (WUTKE; ARÉVALO, 2006; DHIMA *et al.*, 2007; ARAÚJO *et al.*, 2008).

Em plantios consorciados, as espécies competem por luz, nutrientes, água e outros fatores envolvidos no crescimento e produção das culturas (COSTA; SILVA, 2008), sendo necessário variar a população total, através do

uso de diferentes densidades e espaçamentos de plantio para obtenção do melhor desempenho agrônômico. Com isso, torna-se necessário avaliar diferentes arranjos populacionais das culturas do feijão-de-corda e milho, na prática do consórcio, para obtenção de maiores rendimentos. Nesse contexto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho agrônômico do milho BRS Caatingueiro e do feijão-de-corda consorciados em diferentes densidades populacionais e arranjos de plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Januária, cujas coordenadas geográficas são: 44° 22' 41" de longitude W e 15° 28' 55" de latitude S e altitude de 474 m. O clima, segundo Köppen, é do tipo Aw, caracterizado por uma estação seca durante o inverno. A temperatura média anual é de 24,5° C, e a precipitação média anual é de 900 mm. A vegetação natural é do tipo zona de transição cerrado-caatinga. O solo predominante é o Neossolo Quartzarênico, com relevo caracterizado como plano. Os dados referentes à precipitação, temperatura, evaporação e umidade relativa do ar, durante a condução do experimento, estão apresentados na Figura 1.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, sendo aleatorizados em cada bloco sete tratamentos, em quatro repetições. A unidade experimental foi representada por uma área de 16 m² (4,0 x 4,0 m). A área útil foi de 3 m², com coletas realizadas nas fileiras centrais, e o restante da unidade experimental foi considerada como bordadura.

Os tratamentos foram os seguintes: T1 – milho solteiro no espaçamento de 1,0 m (MS); T2 – feijão-de-corda solteiro no espaçamento de 0,5 m (FS); T3 - fileiras simples de milho espaçadas de 1,0 m, com uma fileira de feijão-de-corda na entrelinha (MF); T4 - fileiras simples de milho espaçadas de 1,0 m, com duas fileiras de feijão-de-corda, espaçadas de 0,5 m, na entrelinha (MFF); T5 - fileiras duplas de milho espaçadas de 0,5 m, com 1,0 m entre as duplas, com uma fileira de feijão-de-corda (MMF); T6 - fileiras duplas de milho espaçadas de 0,5 m, com 1,0 m entre as duplas, com duas fileiras de feijão-de-corda (MMFF); T7 - milho espaçado de 1,0 m, plantando-se o feijão-de-corda na mesma cova (MFC). A Tabela 1 mostra os tratamentos e as respectivas populações estudadas.

A análise de solo revelou as seguintes características químicas: pH em água: 7,38; Matéria orgânica: 9,0 g kg⁻¹; P (extrator Mehlich-1): 235,3 mg dm⁻³; K (extrator Mehlich-1): 43 mg dm⁻³; Ca: 2,8 cmol_c dm⁻³; Mg: 0,4 cmol_c dm⁻³; Al: 0,00 cmol_c dm⁻³; H + Al: 0,83 cmol_c dm⁻³; V%: 79,8. O preparo da área foi realizado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens, e a semeadura efetuada em

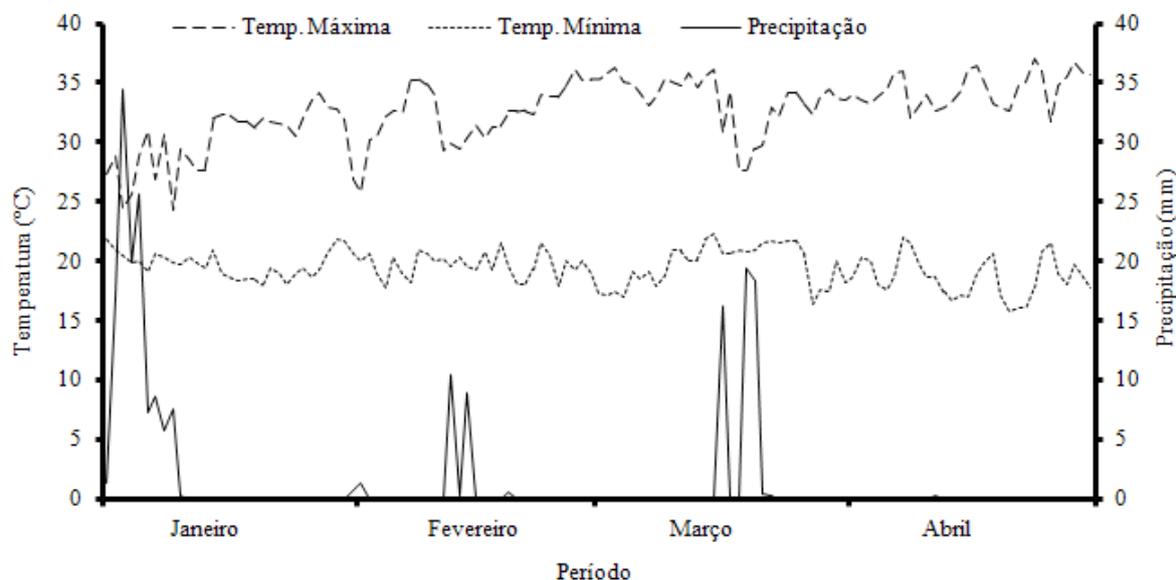


Figura 1 - Ocorrências climáticas diárias de precipitação (mm), temperatura máxima e mínima (°C), durante a condução do experimento em Januária-MG (Fonte: INMET, 2015).

Figure 1 – The daily occurrence of rainfall (mm), and maximum and minimum temperatures (°C) during the experiment in Januária, MG (Source: INMET, 2015).

Tabela 1 - Estande final e percentual de população de plantas de milho e feijão-de-corda no sistema de cultivo solteiro e consorciado, de acordo com os tratamentos utilizados no experimento

Table 1 - Final stand and percentage population of maize and cowpea plants in monocrop and intercrop systems, for the treatments used in the experiment

Tratamento	População ha ⁻¹			População (%)	
	Milho	Feijão-de-corda	Total	Milho	Feijão-de-corda
MS	50.000	0	50.000	100%	0%
FS	0	150.000	150.000	0%	100%
MF	50.000	75.000	125.000	40%	60%
MFF	50.000	150.000	200.000	25%	75%
MMF	66.667	50.000	116.667	57,1%	42,9%
MMFF	66.667	100.000	166.667	40%	60%
MFC	50.000	75.000	125.000	40%	60%

covas no dia 16 de janeiro de 2012. A adubação constou de 40 t ha⁻¹ de esterco caprino curtido, sendo metade fornecida em área total na ocasião do plantio e metade fornecida aos 40 dias após o plantio ao lado das linhas de cultivo. Foram realizadas duas aplicações do extrato natural das folhas de nim (*Azadirachta indica*) a 3% (m/v), no controle alternativo da vaquinha (*Diabrotica speciosa* e *Ceratomyza arcuata*), presentes no feijão-de-corda, e da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), no milho. A demanda hídrica das plantas foi atendida com irrigação suplementar com sistema de aspersão convencional, visando manter o solo na capacidade de campo.

O milho foi plantado em covas espaçadas de 0,4 m, com três sementes por cova, e o feijão-de-corda foi plantado em covas espaçadas de 0,4 m, com 4 sementes por cova. A variedade de milho utilizada foi a BRS Caatingueiro e a de feijão-de-corda, uma variedade crioula proveniente de produtores do município de Januária-MG, com grãos de tegumento branco. Aos 15 dias após o plantio (DAP), foi realizado o desbaste, mantendo duas plantas de milho e três plantas de feijão-de-corda por cova.

Durante a condução do experimento, foram realizadas duas capinas manuais, com auxílio de enxada, para manter a cultura livre de competição com plantas daninhas. A

coleta dos grãos de feijão-de-corda e milho para avaliação ocorreu quando as plantas, as vagens e as espigas estavam secas. Foram avaliadas todas as plantas de milho e feijão-de-corda da área útil da parcela, desprezando-se as bordaduras. As características avaliadas na cultura do feijão-de-corda foram: número de vagens por planta, peso de 100 grãos, número de grãos por vagem e produtividade. Na cultura do milho, foram avaliados o peso de 100 grãos e a produtividade. Para o rendimento de grãos e peso de 100 sementes, foi efetuada a correção de umidade para 13%. Para a avaliação do consórcio, foram analisados os seguintes caracteres: Índice de Equivalência de Área (IEA), Contribuição Relativa das Culturas (CRC) ao IEA e Eficiência Relativa Parcial (ERP). Para o cálculo dos caracteres, foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$1. IEA = \left(\frac{PMC}{PMS} \right) + \left(\frac{PFC}{PFS} \right)$$

$$2. CRCM = \left(\frac{PRIM \times 100}{IEA} \right)$$

$$3. CRCF = \left(\frac{PRIF \times 100}{IEA} \right)$$

$$4. ERPM = \left(\frac{PRIM}{XM} \right)$$

$$5. ERPF = \left(\frac{PRIF}{XF} \right)$$

Em que: PMC - Produtividade do milho consorciado (kg ha⁻¹); PMS - Produtividade do milho solteiro (kg ha⁻¹); PFC - Produtividade do feijão-de-corda consorciado (kg ha⁻¹); PFS - Produtividade do feijão-de-corda solteiro (kg ha⁻¹); CRCM - Contribuição relativa da cultura do milho; PRIM - Relação entre o rendimento do milho no consórcio pelo rendimento em monocultivo; CRCF - Contribuição relativa da cultura do feijão-de-corda; PRIF - Relação entre o rendimento do feijão-de-corda no consórcio pelo rendimento em monocultivo; ERPM - Eficiência relativa parcial do milho; XM - Proporção do milho na população total; ERPF - Eficiência relativa parcial do feijão-de-corda; XF - Proporção do feijão-de-corda na população total.

O IEA indica a soma das áreas necessárias a serem cultivadas em monocultivo com ambas as culturas, para que seja alcançada a produtividade de 1,0 ha no sistema consorciado. Sendo que quanto mais alto o valor do IEA, mais vantajoso é o sistema de cultivo. O XM e XF mostram o quanto a produtividade parcial representa em relação à proporção da população para cada cultura. Isso quer dizer que índices superiores a 1,0 representam ganhos de eficiência para a cultura, quando do estabelecimento daquela combinação em consórcio.

Os dados foram submetidos à análise de variância para verificação da existência de diferenças significativas

entre os tratamentos. Para tal procedimento, foi utilizado o programa computacional Sisvar, versão 5.3 - Build 77. As médias dos tratamentos para as características estudadas, significativas pelo teste F, foram agrupadas pelo procedimento proposto por Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional Genes (CRUZ, 2006).

RESULTADOS

De acordo com a análise de variância dos dados obtidos no experimento, verificou-se que houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F para a produtividade de grãos do feijão-de-corda (PGF) e produtividade de grãos do milho (PGM). Não houve diferenças significativas para número de vagens por planta de feijão-de-corda (NVPF), número de grãos por vagem de feijão-de-corda (NGVF), peso de cem sementes de feijão-de-corda (PCSF) e peso de cem sementes de milho (PCSM).

Observou-se que houve diferença significativa para o índice de equivalência de área (IEA), indicando que existe variabilidade entre os tratamentos sob consórcio, evidenciando a possibilidade de adoção do arranjo mais eficiente.

Observa-se na Tabela 2 que o sistema de cultivo solteiro de milho (MS) apresentou produtividade de grãos de 3.312,5 kg ha⁻¹, e o consorciado com milho e feijão-de-corda na mesma cova (MFC) a produtividade de 2.770,01 kg ha⁻¹, sendo estatisticamente iguais e superiores aos demais tratamentos, embora a população do milho desses dois tratamentos, MS e MFC, tenha sido igual à empregada em MF e MFF, que produziram apenas 1.979,15 e 1.887,50 kg ha⁻¹, respectivamente.

Os tratamentos MMF e MMFF apresentaram a maior participação da população de plantas de milho por área, entretanto, as menores produtividades, 1.504,18 e 1.779,15 kg ha⁻¹, respectivamente. Esses valores não diferem estatisticamente dos obtidos em MF e MFF. Nesse caso, é possível inferir que a maior população e a maior proximidade entre as linhas de milho tenham ocasionado maior competição intraespecífica, especialmente por fatores inerentes à nutrição e absorção da radiação solar, tendo como consequência redução na capacidade de produção e rendimento de grãos.

Para a cultura do feijão-de-corda, o cultivo solteiro (FS) foi o que apresentou os maiores rendimentos de grãos, com 1.560,81 kg ha⁻¹, embora a população de plantas desse tratamento seja semelhante à empregada em MFF (Tabela 2).

O menor rendimento para o feijão-de-corda foi observado em MMF, sendo que esse não diferiu estatisticamente dos tratamentos MF e MFC (Tabela 2). Nos tratamentos com maior população de plantas de feijão-de-corda (MFF e MMFF), os valores encontrados para produtividade foram de 969,88 e 876,67 kg ha⁻¹, respectivamente, sendo

Tabela 2 - Resultados do teste de comparação de médias para as variáveis produtivas e índice de equivalência de área no sistema de cultivo solteiro e consorciado com milho e feijão-de-corda

Table 2 - Results of the means comparison test for production variables and land equivalent ratio in monocrop and intercrop systems of maize and cowpea

Tratamento	PGM	PGF	NVPF	NGVF	PCSF	PCSM	IEA
	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	um	un	G	g	
MS	3312,5 a ¹	-	-	-	-	24,60	-
FS	-	1560,8 a	8,13	13,53	16,39	-	-
MF	1979,2 b	624,1 c	8,43	12,60	16,44	21,06	0,998 b
MFF	1887,5 b	969,9 b	7,28	11,55	15,92	20,24	1,188 a
MMF	1504,2 b	520,7 c	7,80	12,95	17,02	20,82	0,788 b
MMFF	1779,2 b	876,7 b	8,15	13,63	16,93	20,86	1,100 a
MFC	2770,0 a	607,1 c	7,85	12,98	16,31	21,96	1,228 a
Média	-	-	7,94	12,87	16,50	21,59	-
CV (%)	33,82	21,06	18,65	11,85	3,96	11,02	14,31

¹Médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott, a 5%.

PGM = produtividade de grãos do Milho, PGF = produtividade de grãos do Feijão-de-corda; NVPF = número de vagens por planta/ feijão-de-corda, NGVF = número de grãos por vagem/feijão-de-corda, PCSF = peso de cem sementes/feijão-de-corda, PCSM = peso de cem sementes/milho; IEA = Índice de Equivalência de Área.

¹Means followed by different letters in a column differ statistically by Scott-Knott test at 5%.

PGM = maize grain productivity, PGF = cowpea grain productivity, NVPF = number of pods per plant / cowpea, NGVF = number of grains per pod / cowpea, PCSF = 100-seed weight / cowpea, PCSM = 100-seed weight / maize; LER = Land Equivalent Ratio.

superiores estatisticamente aos encontrados para os tratamentos com menores populações de plantas (MF, MMF e MFC), com produtividade de 624,08; 520,66 e 607,12 kg ha⁻¹, respectivamente.

Os sistemas de plantio, independentemente das densidades de plantas e arranjos, não afetaram os componentes de rendimento (número de vagens por planta de feijão-de-corda, número de grãos por vagem de feijão-de-corda, peso de cem sementes de feijão-de-corda e peso de cem sementes de milho) das culturas. Dessa forma, para tais características não houve formação de grupos de médias, sendo todos os tratamentos estatisticamente iguais. Para tais características, foram observados os menores coeficientes de variação e as seguintes médias: 7,94; 12,87; 16,50 e 21,59, respectivamente (Tabela 2).

A Tabela 3 contém os índices agrônômicos do consórcio. Observa-se que a maioria das diferentes combinações das populações de plantas de milho e feijão-de-corda tiveram IEA maior que 1,0, exceto os tratamentos MF e MMF. Isso evidencia que houve efeito positivo na produtividade pelo sistema em consórcio, podendo-se afirmar que praticamente todos os tratamentos em consórcio estudados proporcionaram produção adicional, em comparação aos monocultivos de milho e do feijão-de-corda. Esses ganhos foram da ordem de 9,9, 19,1 e 22,5% para os tratamentos MMFF, MFF e MFC, respectivamente. Houve perda de 0,3 e 21,2% nos tratamentos MF e MMF³, respectivamente.

Em relação à produtividade relativa individual da cultura do milho (PRIM) houve ganhos em quase todos os tratamentos, exceto em MMF, único caso em que o PRIM foi menor que o percentual da população de plantas de milho no consórcio (Tabela 3). Na cultura do milho, o MFC foi o que apresentou maior eficiência parcial, apresentando valor maior que o dobro do percentual de população do número de plantas da cultura. Já no caso do feijão-de-corda não existe ganho efetivo dos tratamentos, visto que nenhum PRIF foi superior ao percentual de população de plantas da cultura.

Verifica-se ganho agrônômico para o milho quando em consórcio com o feijão-de-corda (Tabela 3). Isso também pode ser visto pela análise do CRC, que mostra a participação de cada cultura no IEA. Em todos os tratamentos, tem-se o CRCM superior ao percentual de população do milho, e o CRCF inferior ao percentual da população de feijão-de-corda. Verifica-se, por exemplo, no caso do tratamento MFF, que apesar de ter somente 25% de participação da cultura do milho na população total, essa contribui em 47,85% para obtenção do IEA.

Na análise dos índices de ERPM e ERPF, verificou-se que essa vantagem parcial em termos de produtividade esteve concentrada somente para o milho em quase todos os tratamentos, exceto no MMF. Para o milho, tem-se o maior valor de ERPM para o MFF, demonstrando que a produtividade do milho apresentou eficiência relativa de 128%. Já para o feijão-de-corda, não houve ganhos de

Tabela 3 - Índices agronômicos no consórcio de milho BRS Caatingueiro e feijão-de-corda
 Table 3 - Agronomic indices in maize, BRS Caatingueiro, intercropped with cowpea

Tratamento	Milho			Feijão-de-corda			IEA
	PRIM	ERPM	CRCM (%)	PRIF	ERPF	CRCF (%)	
MF	0,597	1,493	59,879	0,400	0,666	40,092	0,997
MFF	0,570	2,279	47,858	0,621	0,828	52,165	1,191
MMF	0,454	0,795	57,614	0,334	0,779	42,350	0,788
MMFF	0,537	1,343	48,862	0,562	0,937	51,118	1,099
MFC	0,836	2,091	68,245	0,389	0,648	31,748	1,225

PRIM = Produtividade Relativa Individual do Milho, ERPM = Eficiência Relativa Parcial do Milho, CRCM = Contribuição Relativa da Cultura do Milho, PRIF = Produtividade Relativa Individual do Feijão-de-corda, ERPF = Eficiência Relativa Parcial do Feijão-de-corda, CRCF = Contribuição Relativa da Cultura do Feijão-de-corda, IEA = Índice de Equivalência de Área.

PRIM = Individual Relative Productivity in the Maize, ERPM = Partial Relative Efficiency in the Maize, CRCM = Relative Contribution of the Maize Crop, PRIF = Individual Relative Productivity in the Cowpea, ERPF = Partial Relative Efficiency in the Cowpea, CRCF = Relative Contribution of the Cowpea, LER = Land Equivalent Ratio.

produtividade, porém, esses tratamentos levam a ótimos parciais, mas não a ótimos totais. Os ótimos totais são alcançados nos maiores IEA.

DISCUSSÃO

As menores produções alcançadas pelos tratamentos MF e MFF, provavelmente, estão relacionadas com a disponibilidade de nutrientes do solo, pois a cultura do feijão-de-corda na entrelinha do milho mais competiu na extração de nutrientes do solo do que contribuiu por meio do processo de fixação biológica de nitrogênio, limitando a produção da cultura do milho a valores inferiores ao obtido nas condições de cultivo dos tratamentos MS e MFC. Redução da produtividade do milho e do feijão-de-corda em consórcio (MF) foi observado por Souza *et al.* (2011), na qual a produção média do milho, em consórcio com o feijão-de-corda, teve um decréscimo de 13% em relação ao monocultivo, e para o feijão-de-corda, essa redução foi da ordem de 66%. YILMAZ *et al.* (2007) observaram redução na produtividade de grãos do feijão-caupi, comparado ao cultivo solteiro, em todas as combinações com milho. Hamd Alla *et al.* (2014) observaram maior produtividade de grãos do milho em consórcio com feijão-caupi, quando comparado ao cultivo solteiro.

Em MFC, a maior produtividade pode ser explicada por uma relação ecológica benéfica ao milho em detrimento ao feijão-de-corda, devido ao maior aproveitamento do N proveniente da fixação biológica. A semeadura na mesma cova facilitou, entre outras coisas, as operações de capina, reduzindo o tempo disponibilizado nessa operação, visto que essa é uma das principais dificuldades operacionais de lavouras consorciadas (PERIN *et al.*, 2007).

O valor alcançado no cultivo solteiro de feijão-de-corda está de acordo com a média nacional em condições

irrigadas, podendo atingir 1.520 kg ha⁻¹ de grãos (BRITO *et al.*, 2012). Em regime de sequeiro, a produtividade média alcançada é da ordem de 340 kg ha⁻¹, com uma variação de 163 a 517 kg ha⁻¹ de grãos (SANTOS, 2011). Bezerra *et al.* (2008), avaliando os efeitos de diferentes arranjos populacionais sobre características morfológicas e de produção em genótipos modernos de feijão-de-corda, observaram máximo rendimento de grãos (1.835 kg ha⁻¹) para o nível populacional de 300.000 plantas ha⁻¹.

A baixa produtividade de feijão-de-corda no cultivo em consórcio deve-se principalmente à baixa população de plantas da cultura e à competição interespecífica por fatores de nutrição, comprometendo a produtividade. Resultado semelhante foi observado por Morgado (2006), em consórcio de feijão-caupi com sorgo. Segundo esse autor, a severa competição com o sorgo por água e nutrientes do solo, mesmo nas menores densidades, foi determinante para a baixa produtividade do feijão-caupi.

Para o tratamento MFF, embora com a população de plantas de feijão-de-corda semelhante ao FS, verificou-se que o arranjo de plantas, com duas linhas de feijão-de-corda entre as linhas de milho, não lhe favoreceu, ocorrendo competição interespecífica por fatores de nutrição e fotossíntese. Esse resultado está de acordo com os obtidos por Viegas Neto *et al.* (2012), em cultivo consorciado de milho pipoca e feijão-comum, Albuquerque *et al.* (2012), em cultivo consorciado de mandioca e feijão-comum, e Albuquerque *et al.* (2015), em cultivo consorciado de mandioca e feijão-caupi, no qual o feijão-caupi cultivado em sistema de consórcio apresentou menores rendimentos do que em monocultivo.

Os valores semelhantes obtidos para os componentes de rendimento (número de vagens por planta de feijão-de-corda, número de grãos por vagem de feijão-de-corda, peso de cem sementes de feijão-de-corda e peso de cem sementes de milho), nos diferentes arranjos e população de plantas,

são devidos à baixa influência do ambiente de cultivo nessas características. Bezerra *et al.* (2008), Costa e Silva (2008) e Legwaila *et al.* (2012) observaram os mesmos resultados para as variáveis número de grãos por vagem e peso de cem grãos, não ocorrendo diferenças significativas entre os tratamentos, indicando que os diferentes sistemas de cultivo não afetaram o processo fisiológico de formação das sementes, mantendo as características morfológicas da cultivar.

Os maiores IEA estão relacionados com o arranjo e densidade de plantas na área, sendo que maiores proximidades entre os sistemas radiculares das culturas, juntamente com uma maior população de plantas de feijão-de-corda e menor de milho, resultaram em maiores ganhos agrônômicos, contribuindo para um maior IEA. Guedes *et al.* (2006), avaliando o cultivo do milho com o feijão-caupi em cultivo orgânico, obtiveram IEA superior a 1,0 em todos arranjos avaliados, indicando que os sistemas de consórcio entre as culturas de feijão-de-corda e milho foram eficientes.

Costa e Silva (2008) afirmam que o feijoeiro é prejudicado quando cultivado sob plantas de milho devido, principalmente, à absorção de uma pequena quantidade de comprimentos de onda fotossinteticamente ativos, visto que os principais comprimentos de onda responsáveis pela fotossíntese são absorvidos pelo milho. Ainda de acordo com Legwaila *et al.* (2012), as plantas de milho no consórcio sombreiam o feijão-caupi, reduzindo a quantidade de luz necessária para estimular a produção de flores, apresentado efeito na produtividade de grãos do caupi.

Por outro lado, Takin (2012) avaliando o consórcio entre milho e feijão-caupi, verificou que o maior IEA ocorreu no cultivo com os arranjos de uma fileira de milho para uma fileira de feijão-caupi e duas fileiras de milho para uma fileira de feijão-caupi, 1,77 e 1,75, respectivamente. YILMAZ *et al.* (2007) também obtiveram maiores IEA no arranjo de uma fileira de milho para uma fileira de feijão-caupi. Esses resultados demonstram que as condições climáticas, principalmente a radiação solar, apresentam grande influência na determinação do melhor arranjo para o consórcio.

CONCLUSÕES

Os sistemas de consórcio avaliados afetaram a produtividade do milho BRS Caatingueiro e do feijão-de-corda;

A semeadura do feijão-de-corda na cova do milho resultou no melhor arranjo para o milho;

Os cultivos consorciados propiciam maiores vantagens agrônômicas do que os cultivos solteiros;

Os consórcios mais eficientes para a produção de milho e de feijão-de-corda são aqueles que têm maior população do feijão-de-corda e menor do milho;

Os IEAs obtidos mostram que o consórcio entre milho e feijão-de-corda, nos arranjos MFF, MMFF e MFC, é vantajoso do ponto de vista agrônômico.

LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; ALVES, J. M. A.; SILVA, A. A.; UCHÔA, S. C. P. Cultivo de mandioca e feijão em sistemas consorciados realizado em Coimbra, Minas Gerais, Brasil. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, p. 532 - 538, 2012.

ALBUQUERQUE, J. A. A.; OLIVA, L. S. de C.; ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; MELO, D. A. Cultivation of cassava and cowpea in intercropping systems held in Roraima savannah, Brazil. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 46, p. 388 - 395, 2015.

ARAÚJO, A. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; MORAIS, M. dos S.; ARAÚJO, J. de L. O.; CUNHA, J. L. X. L.; PAIXÃO, S. L. Indicadores agroecômicos na avaliação do consórcio algodão herbáceo + amendoim. **Ciência Agrotécnica**, v. 32, n. 5, p. 1467 - 1472, 2008.

BEZERRA, A. A. de C.; TÁVORA, F. J. A. F.; FILHO, F. R. F.; RIBEIRO, V. Q. Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão-caupi submetidas a diferentes densidades populacionais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 1, p. 85 - 93, 2008.

BRITO, L. T. DE L.; CAVALCANTI, N. DE B.; SILVA, A. de S.; PEREIRA, L. A. Produtividade da água de chuva em culturas de subsistência no semiárido pernambucano. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 1, p. 102 - 109, 2012.

CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. **Estudos Avançados**, v. 22, p. 61 - 82, 2008.

COSTA, A. S. V.; SILVA, M. B. Sistemas de consórcio milho feijão para a região do vale do rio doce, Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**, v. 32, n. 2, p. 663 - 667, 2008.

- CRUZ, C. D. **Programa Genes: biometria**. Viçosa, UFV, 2006. v. 1, 382p.
- DHIMA, K. V.; LITHOURGIDIS, A. S.; VASILAKOGLU, I. B.; DORDAS, C. A. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. **Field Crops Research**, v. 100, p. 249 - 256, 2007.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO. 2015. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 22 ago. 2016.
- HAMD ALLA, W. A.; SHALABY, E. M.; DAWOOD, R. A.; ZOHRY, A. A. Effect of Cowpea (*Vigna sinensis* L.) with Maize (*Zea mays* L.) Intercropping on Yield and Its Components. **International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering**, v. 8, n. 11, p. 1240 - 1246, 2014
- GUEDES, R. E.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D. Consórcios de caupi e milho em cultivo orgânico para produção de grãos e espigas verdes. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 174-177, 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. INMET. 2015. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 03 ago. 2015.
- LEGWAILA, G. M.; MAROKAN, T. K.; MOJEREMANE, W. Effects of Intercropping on the Performance of Maize and Cowpeas in Botswana. **International Journal of Agriculture and Forestry**. v. 2, p. 307 - 310, 2012.
- LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS J. F.; OLIVEIRA M. K. T.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; Resposta do Feijão Caupi a Salinidade da Água de Irrigação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 79 - 86, 2007.
- MORGADO, L. B. Estudo sobre densidade de plantio de sorgo e feijão-caupi consorciados no Semi-Árido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p.357-363, 2006.
- MUSHAGALUSA, G. N.; LEDENT, J. F.; DRAYE, X. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: Effects on growth and yield. **Environmental and Experimental Botany**, v. 64, p. 180 - 188, 2008.
- PERIN, A.; BERNARDO, J. T.; SANTOS, R. H. S.; FREITAS, G. B. de. Desempenho agrônômico de milho consorciado com feijão de porco em duas épocas de cultivo no sistema orgânico de produção. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 903 - 908, 2007.
- ROCHA, M. de M.; CARVALHO, K. J. M. de; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. de A.; GOMES, R. L. F.; SOUSA, I. da S. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 270 - 275, 2009.
- SANTOS, C. A. F. **Cultivares de feijão-caupi para o Vale do São Francisco**. Petrolina, PE, 2011. 10 f. (circular técnica 94).
- SILVA, R. M. A. **Entre o Combate a Seca e a Convivência com o Semiárido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento**. 2006. 298 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília.
- SOUZA, J. P.; MACEDO, M. A. S. Análise de viabilidade agroecológica de sistemas orgânicos de produção consorciada. **Associação Brasileira de Custos**, v. 2, n. 1, p. 57 - 78, 2007.
- TAKIN, F. O. Advantages of Maize-Cowpea Intercropping over Sole Cropping through Competition Indices. **Journal of Agriculture and Biodiversity Research**. v. 1, p. 53 - 59, 2012.
- VIEGAS NETO, A. L.; HEINZ, R.; GONÇALVES, M. C.; CORREIA, A. M. P.; SOUZA MOTA, L. H. de.; ARAÚJO, W. D. Milho pipoca consorciado com feijão em diferentes arranjos de plantas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 28 - 33, 2012.
- YILMAZ, S.; ATAĞ, M.; ERAYMAN, M. Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the East Mediterranean Region. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 16, p. 217 - 228, 2007.
- WUTKE, E. B.; ARÉVALO, R. A. **Adubação verde com leguminosas no rendimento da cana-de-açúcar e no manejo de plantas infestantes**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2006. Série Tecnologia APTA. 28p. (Boletim Técnico IAC, 198).