

DENSIDADE DE PLANTIO NA CULTURA DO FEIJÃO-DE-CORDA IRRIGADA. I. ÁREA FOLIAR, INTERCEPTAÇÃO DA LUZ E CARACTERÍSTICAS DE FLORESCIMENTO

Plant density in irrigated cowpea. I. Leaf area, canopy light interception, and flowering characteristics

WELLINGTON PEREIRA DE CARVALHO *
FRANCISCO JOSÉ ALVES FERNANDES TÁVORA
JOÃO LICÍNIO NUNES DE PINHO ***
JOÃO BOSCO PITOMBEIRA **

RESUMO

Apesar do crescente aumento da área explorada com feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* L. (Walp)], são escassas as informações relacionadas à população de plantas sob condições de irrigação. Com o objetivo de avaliar o comportamento de cultivares de feijão-de-corda irrigado em duas populações de plantas (41.666 e 125.000 plantas/ha) e determinar suas relações com a área foliar, interceptação da luz e florescimento, foi conduzido um experimento no período de novembro de 1994 a fevereiro de 1995, em Fortaleza-CE. Foram utilizadas dez cultivares num delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As cultivares constituíram as parcelas e as populações de plantas, as sub-parcelas. Foram estudadas as seguintes variáveis: índice de área foliar máximo (IAF_{max}), porcentagem de interceptação da radiação solar, número de dias para atingir o IAF_{max} , início de florescimento, número de flores/planta e eficiência reprodutiva. As cultivares apresentaram grandes diferenças com relação às variáveis estudadas. O aumento da população de plantas determinou redução no número de flores/planta e uma mais precoce e eficiente cobertura do solo, expressa pelo IAF_{max} , dias para atingir IAF_{max} e porcentagem de atenuação da luz no IAF_{max} . O início do florescimento e a eficiência reprodutiva não foram afetadas pela população de plantas. A população de 125.000 plantas/ha não foi suficientemente elevada para permitir a total cobertura do solo. O IAF_{max} acima de 4,0 foi atingido apenas pela cultivar CE-315 na maior densidade de plantio.

PALAVRAS-CHAVE: Caupi irrigado, *Vigna unguiculata*, densidade populacional, índice de área foliar.

ABSTRACT

In spite of increasing acreage of cowpea [*Vigna unguiculata* L. (Walp)] in the State of Ceará, Brazil, there is a lack of information about its optimum plant population under irrigation. A field experiment was carried out from November 1994 to February 1995 in Fortaleza, Ceará with the objective of knowing the behavior of

* Engº Agrº, M.Sc., EMBRAPA/CPAC, Caixa Postal 08 223, CEP: 73301970 - Planaltina - DF

** Engº Agrº, PhD, Professor da Universidade Federal do Ceará, Caixa Postal 12168, CEP: 60455740 - Fortaleza - CE.

*** Engº Agrº, DS, Professor da Universidade Federal do Ceará, Caixa Postal 12168, CEP: 60455740 - Fortaleza - CE

irrigated cowpea cultivars under two plant populations (41,666 and 125,000 plants/ha) and to determine its relationship to leaf area, light interception and flowering characteristics. The experimental design was a split-plot randomized block with four replications. The cultivars were the plots and the populations the subplots. The following variables were observed: maximum leaf area index (LAI_{max}), percentage of light interception by the canopy, days to reach LAI_{max}, days for flowering, number of flowers per plant and reproductive efficiency. The cultivars varied markedly with respect to all variables. Increase in plant population reduced the number of flowers per plant and fastened the soil coverage by the canopy, expressed by LAI_{max}, days to reach LAI_{max} and percentage of solar radiation trapped in the LAI_{max}. Days to flowering and reproductive efficiency were not affected by plant population. Complete soil coverage was not reached under the higher plant population (125,000 plants/ha). Cultivar CE-315 was the only one to reach an LAI_{max} above 4,0.

KEY-WORDS: Irrigated cowpea, *Vigna unguiculata*, plant population, plant density, leaf area index.

INTRODUÇÃO

O feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) apresenta grande variabilidade com referência a resposta a diferentes populações de plantio. Alguns estudos têm revelado redução no rendimento de sementes com o aumento da população (ERSKINE & KHAN⁶, REMISSON¹²). Por outro lado, ALEMAN & RODRIGUEZ¹, relataram aumento do rendimento com o incremento da densidade populacional. As variações observadas decorrem das diferenças nos níveis populacionais e dos materiais estudados. São comumente constatadas fortes interações entre genótipo e população de plantas (JALLOW & FERGUSON⁸, SOARES & GOMES¹⁴, BARRETO & DUTRA²). O uso de fileiras estreitas constitui outro importante fator que afeta o rendimento desta cultura (MAFRA⁹). Há ainda registros de interação entre cultivar e arranjo de plantio e cultivar e irrigação (NANGJU *et al.*¹⁰).

A prática da irrigação tem, normalmente, determinado aumentos expressivos do rendimento do feijão-de-corda em confronto com os plantios de sequeiro (CARDOSO *et al.*³; SANTOS & YOKOKURA¹³).

A constatação da existência de uma forte interação do genótipo com as condições de plantio, permite inferir a necessidade de estudos mais detalhados sobre o comportamento de cultivares de feijão-

de-corda com características de porte e hábito de crescimento diferentes, visando a identificação de ideótipos que melhor se adaptem a condições de plantio irrigado, em níveis populacionais superiores aos normalmente utilizados em plantios de sequeiro.

O presente estudo teve por objetivo determinar a formação da área foliar máxima, interceptação da luz solar e características de florescimento de dez cultivares de feijão-de-corda submetidas a duas populações de plantas em plantio irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado, em novembro de 1994, em solo podzólico vermelho-amarelo de textura arenosa, no Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza (coordenadas de 3° 44' S e 38° 33' W e altitude de 19,5 metros).

As dez cultivares de feijão-de-corda utilizadas tinham diferentes características de copa e hábito de crescimento associadas a elevado potencial de produção, e faziam parte do Banco de Germoplasma do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (TABELA 1).

As cultivares foram semeadas nas densidades populacionais de 41.666 e 125.000 plantas por hectare, em espaçamentos de 80 cm x 30 cm e 40 cm x

TABELA 1 - Características de porte e hábito de crescimento de dez cultivares de feijão-de-corda

Cultivares	Porte	Hábito de Crescimento
Pitiúba	Ramador	Indeterminado
CE-315	Semi-ereto	Indeterminado
CE-639	Ereto	Determinado
Epace 11	Semi-ramador	Indeterminado
Tvu-4552	Ereto	Determinado
CE-118	Ereto	Determinado
CE-116	Ereto	Determinado
CE-644	Ereto	Determinado
CE-672	Ereto	Determinado
CE-670	Ereto	Determinado

20 cm, respectivamente.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas. As cultivares constituíram as parcelas e as populações de plantas as sub-parcelas. Essas constaram de quatro e sete linhas de 2,5 m de comprimento, nas respectivas densidades populacionais de 41.666 e 125.000 plantas/ha.

A adubação química foi realizada por ocasião do plantio, de acordo com as recomendações decorrentes da análise de fertilidade do solo. Foram usados 20 kg/ha de N, 50 kg/ha de P_2O_5 e 20 kg/ha de K_2O , respectivamente, nas formas de uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio aplicados ao lado da linha de plantio, a 15 cm de profundidade.

O plantio foi realizado com o solo na capacidade de campo. A irrigação da área experimental foi efetuada pelo método da aspersão, aplicando-se uma lâmina de água de 171,72 mm, que somada às precipitações ocorridas no período, de 410,7 mm, resultou num total de 582,42 mm de água. As plantas daninhas foram controladas com duas capinas manuais, à enxada. Foram semeadas três sementes por cova, deixando-se apenas uma após o desbaste, realizado na segunda semana após a germinação. A colheita foi efetuada em duas etapas, com um intervalo de duas semanas.

Dois plantas foram amostradas aleatoriamente

em cada subparcela, para a obtenção das seguintes variáveis: número de ramos secundários; índice de área foliar máximo (IAF_{max}), dias para atingir IAF_{max} , dias entre emergência e início de florescimento, número de flores/planta e eficiência reprodutiva, conforme metodologia definida em EMBRAPA⁵. Na determinação do IAF_{max} , utilizou-se o método das quadrículas (TÁVORA *et al.*¹⁷). Na área útil de cada subparcela (duas linhas centrais excluindo-se 0,5 m em cada extremidade) foi determinado o número de dias para início de florescimento.

A interceptação da luz solar foi medida entre 11:00 e 13:00 h, na ausência de nebulosidade, usando-se um fotômetro de fabricação alemã, marca Gossen, modelo Panlux, com capacidade de medir até 12×10^4 lux. As determinações foram feitas acima e dentro da cultura ao nível do solo, a partir da quarta semana após a emergência, a intervalos semanais até o momento em que o IAF_{max} era atingido. A metodologia utilizada é semelhante à descrita por TÁVORA & MELO¹⁶, com adaptações para os espaçamentos empregados. Seis e dez medidas em cada repetição foram realizadas para os tratamentos com 40 e 80 cm entre fileiras, respectivamente. A interceptação da luz foi determinada como segue: % interceptação = $[1 - (I/I_0)] \times 100$, onde I = luz ao nível do solo dentro da cultura e I_0 = luz acima da copa.

A eficiência reprodutiva foi determinada a partir da relação entre o número de vagens e o total de flores produzidas. O número de flores/planta foi obtido a partir da contagem das cicatrizes de botões florais no ráquis da inflorescência. Este método é baseado na observação de que, quando ocorre a queda de uma flor, no seu ponto de inserção com o racemo fica uma cicatriz em forma de botão facilmente identificável, que persiste durante todo o ciclo da planta.

Foi realizada a análise da variância seguida da comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5%. Foram realizadas análises de correlação simples entre algumas características.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Índice de área foliar máximo (IAF_{max})

As cultivares CE-315 e CE-639 apresentaram os maiores valores médios, nas duas populações de plantas, para IAF_{max}, com índices de 3,21 e 2,57, respectivamente, enquanto a TVu-4552 apresentou um índice médio de apenas 0,60 (TABELA 2 e FIGURA 1).

Constata-se um aumento superior a 100% nos valores de IAF_{max} nos materiais estudados, quando a população aumentou de 41.666 para 125.000 plan-

tas/ha, destacando-se a cv. CE-639 com um aumento de 184% (FIGURA 1). A exceção ocorreu para a cv. Pitiúba, cujo aumento foi de apenas 52%. Este comportamento pode ser explicado pelo fato desta cultivar apresentar porte ramador, com potencial para elevado desenvolvimento vegetativo mesmo em baixas densidades de plantio.

Não há informações disponíveis sobre o IAF ótimo para o feijão-de-corda. Segundo WELLS¹⁸, o valor de IAF que corresponde ao fechamento da copa situa-se, para a soja, entre 4 e 5. Melhoristas em geral baseiam suas seleções no desempenho das plantas nas densidades comerciais que normalmente atingem um IAF em torno de 4. Somente a cv. CE-315 na maior população atingiu um IAF_{max} superior a 4, seguida da cv. CE-639 que também se aproximou deste índice. Pode-se considerar que estes materiais foram prejudicados pelos baixos valores de IAF, evidenciando assim a necessidade de aprofundamento de estudos de IAF_{max} e sua duração para melhor definição do manejo da cultura (população e arranjo de plantio) em condições de irrigação.

Quanto ao número de dias necessários para as plantas atingirem o IAF_{max}, constatou-se que não

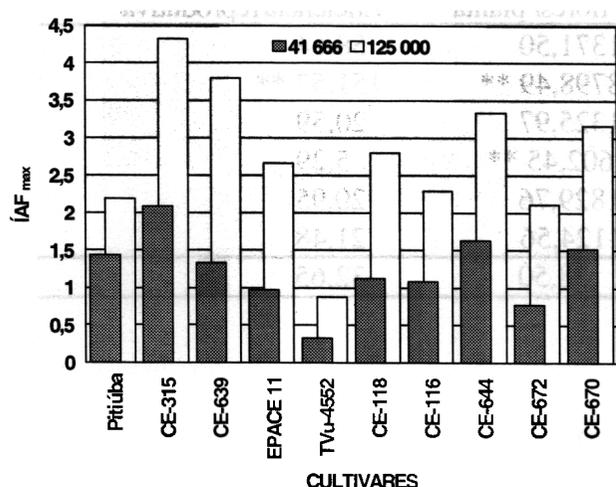
TABELA 2- Análise de variância e coeficiente de variação de IAF_{max}, porcentagem de luz interceptada no IAF_{max} e dias após a emergência para se atingir IAF_{max} de dez cultivares de feijão-de-corda nas populações de 41.666 e 125.000 plantas/ha.

Causa de variação	GL	Quadrado médio		
		IAF _{max}	% luz interceptada no IAF _{max}	Dias para IAF _{max}
Bloco	3		120,917	149,383
Cultivar (C)	9		1580,421**	199,022
Erro A	27		250,086	109,170
População (P)	1		13640,648**	405,000 *
C x P	9		117,371	48,361
Erro B	30		154,478	55,825
CV (%)		47,20	20,69	13,46

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

FIGURA 1 – IAF_{max} de dez cultivares de feijão-de-corda nas populações de 41.666 e 125.000 plantas/ha.



houve diferenças significativas entre as cultivares e interação cultivares x populações (TABELA 2). No entanto as cultivares atingiram o IAF_{max} mais cedo na densidade de 125.000 plantas/ha (FIGURA 2).

Deve-se ressaltar que o número de dias para o IAF_{max} foi influenciado pelos baixos valores de IAF_{max} atingidos pelas cultivares.

Interceptação da luz solar no IAF_{max}

As cultivares e as densidades de plantio diferiram significativamente quanto a interceptação da luz (TABELA 2). As cultivares CE-639, CE-315 e CE-670 apresentaram os maiores valores médios para as duas populações de plantio, com 81,1%, 72,9% e 69,3%, respectivamente, enquanto a TVu-4552 interceptou apenas um máximo de 52,5% da luz incidente sobre a cultura (FIGURA 3). A porcentagem de interceptação da luz solar foi maior, em todas as cultivares, na população de 125.000 plantas/ha. Nenhum dos materiais utilizados conseguiu interceptar o total da radiação solar. Partindo-se do pressuposto de que o manejo da cultura com relação à irrigação, adubação e controle de plantas daninhas foi o mesmo para todos os tratamentos, conclui-se que a densidade de 125.000 plantas/ha não foi suficientemente ele-

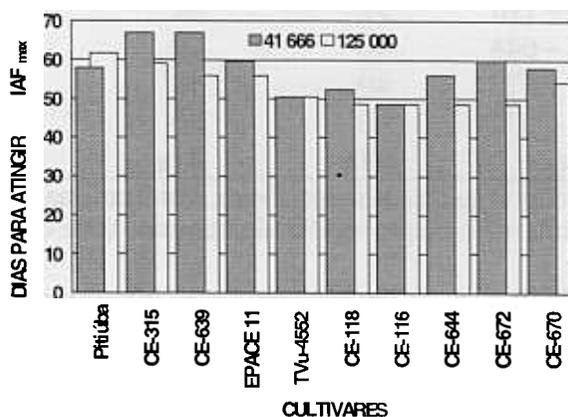
vada para que houvesse o fechamento total da área pelo dossel.

Foi constatada uma correlação significativa entre interceptação de luz solar máxima e IAF_{max} ($r = 0,66^{**}$).

Florescimento

A precocidade dos materiais estudados foi avaliada com base no número de dias entre a emergência e o início do florescimento. As cultivares levaram, em média, 41 dias para o início do florescimento. CE-315 foi a mais tardia com 53 dias para o aparecimento da primeira flor, enquanto TVu 4552 foi a mais precoce, com apenas 38 dias. As densidades de plantio utilizadas não tiveram influência na precocidade do

FIGURA 2 - Dias necessários para se atingir o IAF_{max} de dez cultivares de feijão-de-corda nas populações de 41.666 e 125.000 plantas/ha.



feijão-de-corda (TABELAS 3 e 4).

O número de flores/planta diferiu significativamente entre as cultivares e populações de plantas (TABELA 3). As cultivares CE-670 e CE-315 produziram um elevado número de flores/planta, seguidas de CE-639, EPACE 11, CE-116 e Pitiúba com valores intermediários. Finalmente, CE-118, CE-644, CE-672 e TVu-4552 tiveram um baixo número de flores/planta (FIGURA 4).

TABELA 3 - Análise de variância e coeficiente de variação de dias para início de floração, número de flores/planta e eficiência reprodutiva de dez cultivares de feijão-de-corda nas populações de 41.666 e 125.000 plantas/ha.

Causa de variação	GL	Quadrado médio		
		Dias/Início de floração	Nº flores/planta	Eficiência reprodutiva
Bloco	3	114,05 *	1371,50	58,64
Cultivar (C)	9	159,67 **	8798,49 **	151,57 **
Erro A	27	34,16	1325,97	20,59
População (P)	1	0,00	27602,45 **	5,29
C x P	9	0,00	1829,76	20,95
Erro B	30	0,00	1124,56	21,48
CV (%)		0,00	38,50	32,65

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

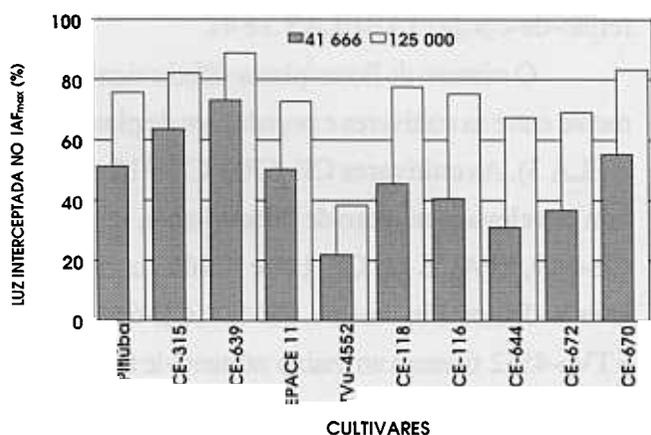
** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 4 - Dias para início de florescimento e eficiência reprodutiva (%) de dez cultivares de feijão-de-corda nas populações de 41.666 e 125.000 plantas/ha.

Cultivares	Dias para início de florescimento			Eficiência reprodutiva (%)		
	41.666	125.000	Média	41.666	125.000	Média
Pitúba	42	42	42B	12,62	9,45	11,04 C
CE - 315	53	53	53A	14,29	12,15	13,22 BC
CE - 639	44	44	44AB	8,67	13,57	11,12 C
EPACE 11	40	40	40B	8,78	9,06	8,92 C
TVu - 4552	38	38	38B	10,73	15,52	13,12 BC
CE - 118	39	39	39B	20,05	19,53	19,79 AB
CE - 116	39	39	39B	22,25	22,90	22,57 A
CE - 644	40	40	40B	17,97	14,36	16,16 ABC
CE - 672	40	40	40B	17,57	13,54	15,56 ABC
CE - 670	40	40	40B	11,60	9,32	10,46 C
Média	41a	41a	41	14,45 a	13,94 a	14,19

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente, a 5% de probabilidade, segundo teste de Tukey.

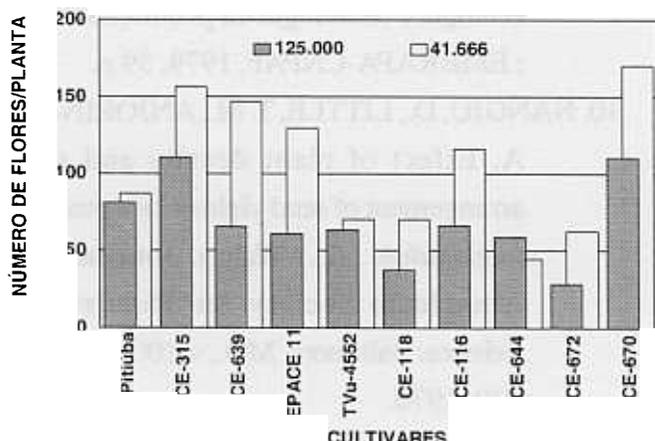
FIGURA 3 - Porcentagem de luz interceptada no IAF_{max} de dez cultivares de feijão-de-corda nas populações de 41.666 e 125.000 plantas/ha.



O aumento da população determinou uma redução no número de flores por planta. Esta queda, no entanto, foi mais acentuada nas cultivares CE-315, CE-639, EPACE-11, CE-16, e CE-670. Reduções na produção individual de flores/planta foram também encontradas em feijão-de-corda por OJEHOMON & BAMIDURO¹¹ e em feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) por DOUST⁴.

Diferenças de 5° C na temperatura noturna, mantidas durante todo o ciclo da planta, têm grandes efeitos no processo reprodutivo do feijão-de-corda. Diferenças de temperatu-

FIGURA 4 - Número de flores por planta de dez cultivares de feijão-de-corda nas populações de 41.666 e 125.000 plantas/ha.



ra diurna entre 27 e 33° C também têm efeito neste processo, diminuindo a produção de grãos pelo aborto de flores, pedúnculos e vagens jovens (SUMMERFIELD¹⁵). A temperatura diurna, durante o período de floração das cultivares estudadas, variou de 26 ° C a 32,6° C e a noturna, de 20 a 24,6° C.

A baixa eficiência reprodutiva medida, confirmada pelas experiências anteriores de FREIRE FILHO & PAIVA⁷, permitem inferir que ocorre uma elevada abscisão de estruturas reprodutivas no feijão-de-corda. Embora a causa ainda seja desconhecida, pode-se supor que ela seja conseqüência das elevadas temperaturas noturnas.

As diferenças entre as cultivares estudadas foram altamente significativas com relação a eficiência reprodutiva. A cv. CE-116 teve o melhor comportamento com média de 22,57%. As cvs. CE-118, CE-644, CE-672, TVu-4552 e CE-315 apresentaram valores intermediários (13,22 a 19,79%), enquanto as cvs CE-639, CE-670, Pitiúba e EPACE 11 tiveram a mais baixa eficiência reprodutiva com valores

variando de 8,92 a 11,12% (TABELA 4). A densidade de plantio não teve qualquer efeito sobre a eficiência reprodutiva do feijão-de-corda (TABELA 3). O número de flores/planta foi negativamente correlacionado com a eficiência reprodutiva ($r = -0,31^{**}$).

CONCLUSÕES

1. O IAF^{max} apresentou grande variação entre as cultivares, porém aumentou em todas elas na maior população de plantas. Os valores obtidos foram baixos, com apenas a cv. CE-315 apresentando índice superior a quatro na maior população.
2. As cultivares não diferiram com relação ao número de dias necessários para atingir o IAF^{max}. Na maior população, esta variável foi atingida mais cedo em todas as cultivares.
3. A interceptação da luz solar variou muito entre as cultivares, tendo atingido valores mais elevados na maior população. Nenhuma das cultivares atingiu no IAF^{max} a total cobertura do solo (95% de interceptação de luz).
4. O início do florescimento variou de 38 (TVu 4552) a 53 dias (CE-315). A densidade de plantio não influenciou esta característica.
5. O número de flores por planta teve grande variação entre as cultivares tendo decrescido significativamente com o aumento da densidade de plantio.
6. A eficiência reprodutiva não foi afetada pela densidade de plantio, tendo variado de 8,92% (EPACE-11) a 22,57% (CE-116).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEMAN, R. R., RODRIGUEZ, R. M. **Investigaciones Agropecuarias 1974 - 1975**, Panama : Facultad de Agronomia, Universidad de Panama, 1976. 306 p., Cap. 5 : Efecto de cuatro densidades de siembra en el rendimiento de dos variedades de frijol vigna (*Vigna sinensis*).
2. BARRETO, P. D., DUTRA, J. F. Sistemas de produção de feijão-de-corda em monocultivo no trópico semi-árido brasileiro. In : ARAÚJO, J. P. P. de (Coord.). **O Caupi no Brasil**. Brasília : EMBRAPA. 1988, p. 382 - 404.
3. CARDOSO, J. E., FREIRE FILHO, F. R., BEZERRA, J. R. C. Comportamento de genótipos de feijão macassar sob regime de irrigação. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 18, n. 2, p. 63 – 66, 1977.
4. DOUST, J. L. The influence of plant density on flower, fruit, and leaf demography in bush bean *Phaseolus vulgaris*. **Canadian Journal of Botany**, v. 70, p. 958 - 964, 1991.
5. EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. (Goiânia, GO) **Catálogo descritivo de germoplasma de feijão-de-corda** (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1990, 16 p. (Documentos, 31).
6. ERSKINE, W., KHAN, T. N. Effects of spacing on cowpea genotypes in Papua New Guinea. **Experimental Agriculture**, London, v. 12, n. 4, p. 401-410, 1976.
7. FREIRE FILHO, F. R., PAIVA, J. B. Estudo da relação de flores produzidas e vagens colhidas em feijão-de-corda. In: **RELATÓRIO DE PESQUISA. 1974**. Fortaleza : UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 1977. p.26-32.
8. JALLOW, A. T., FERGUSON, T. V. Effects of planting density and cultivar on seed yield of cowpeas (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) in Trinidad. **Tropical Agriculture**, v. 62, n. 2, p. 121 – 124, 1985.
9. MAFRA, R. C. **Contribuição ao estudo da cultura do “feijão-de-corda”, fisiologia, ecologia e tecnologia da produção**. Goiânia : EMBRAPA-CNPAF, 1979. 39 p.
10. NANGJU, D., LITTLE, T. M., ANJORIN-CHU, A. Effect of plant density and spatial arrangement of seed yield of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Baltimore, MD., v. 100, n. 5, p. 467-470, 1976.
11. OJEHOMON, O. O., BAMIDURO, T. A. The effects of the plant density and pattern of plant arrangement on cowpea (*Vigna unguiculata*) using parallel row systematic spacing design. **Nigerian Agriculture Journal**, v. 8, n. 1, p. 11 – 19, 1971.
12. REMISSON, S. U. Varietal response of cowpea to a range of densities in a forest zone. **Experimental Agriculture, London.**, v. 16, n. 2, p. 201 - 206, 1980.
13. SANTOS, R. R. S., YOKOKURA, T., SOUSA, N. R. **Ensaio de avaliação de germoplasmas de feijão-de-corda sob irrigação por aspersão na baixada ocidental maranhense**. São Luís : EMAPA, 1991. 5 p. (Pesquisa em andamento, 60).
14. SOARES, U. M., GOMES, E. S. Comportamento de cultivares de feijão feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*) associado a níveis de população em diversas épocas de plantio. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO-DE-CORDA, 1982, Goiânia. **Resumos**. Goiânia : EMBRAPA/CNPAF, 1982. 305 p. p. 241. (Documentos, 4).
15. SUMMERFIELD, R. J., WIEN, H. C.,

- MINCHIN, F. R. Integrated field and glasshouse screening for environmental sensitivity in cowpea (*Vigna unguiculata*). **Experimental Agriculture**, v. 12, p. 241 - 248, 1976.
16. TÁVORA, F. J. A. F., MELO, F. I. O. Crescimento e produção da mandioca submetida a dois arranjos de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.7, p. 823-832, 1993
17. TÁVORA, F. J. A. F., QUEIROZ, G. M. , PINHO, J. L. N. , MELO, F. I. O. Comportamento de cultivares de mandioca com diferentes características foliares submetidas a diversas densidades de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n 3, p. 417-431, 1982.
18. WELLS, R. Soybean growth response to plant density: relations among canopy photosynthesis, leaf area, and light interception. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 755 – 761, 1991.