

ARTIGO TÉCNICO DE INVESTIGAÇÃO

CRESCIMENTO, MORFOLOGIA, PARTIÇÃO DE ASSIMILADOS E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris L.*) SUBMETIDO A TRÊS NÍVEIS DE DENSIDADE DO FLUXO RADIANTE ^{1/}

Nei Fernandes Lopes ^{2/}
Marco Antonio Oliva ^{2/}
Elena Melges ^{3/}
Marcio Henrique Furtado ^{3/}
José Guilherme de Freitas ^{4/}

1. INTRODUÇÃO

Diversos experimentos com sobreamento evidenciam redução na produção de matéria seca e de sementes (1, 6, 10, 17, 19, 20). Essa redução resulta principalmente da diminuição da taxa fotossintética das plantas cultivadas com níveis infra-ótimos de densidade de fluxo radiante (5, 18).

A redução do fluxo radiante induz a planta a remanejar a distribuição dos seus fotoassimilados, alterando, consequentemente, seu crescimento e morfologia. No feijoeiro, a área foliar e sua taxa de expansão aumentam com a diminuição da densidade do fluxo radiante (9), evidenciando um mecanismo de adaptação do feijoeiro a baixos níveis de luz. Assim, as plantas tendem a promover a expansão máxima da superfície foliar para captar, com maior eficiência, a luz disponível (9).

^{1/} Recebido para publicação em 30-8-1983.

^{2/} Departamento de Biologia Vegetal da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} Departamento de Biologia da U.E.M. 87100 Maringá, PR.

^{4/} Escritório Regional de Pesquisas, IAC. 19800 Assis, SP.

Num primeiro trabalho, LOPES *et alii* (9) analisaram o efeito de diversos níveis de radiação sobre taxas de crescimento, assimilação líquida e conservação de energia solar do feijoeiro. Como complemento, são apresentados os resultados, obtidos nas mesmas condições de densidade de fluxo radiante, sobre a morfologia, distribuição de assimilados e produção de matéria seca do feijão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Plantas de *Phaseolus vulgaris* L. cv 'Negrito 897' foram cultivadas em casa de vegetação e submetidas a 30, 62 e 100% de exposição solar. As condições do experimento foram as descritas por LOPES *et alii* (9).

As coletas foram efetuadas a intervalos regulares de 10 dias, durante todo o ciclo da cultura. Foram realizadas nove coletas, e a primeira foi efetuada dez dias depois da emergência.

Na coleta, as plantas eram separadas em partes (folhas, caules com pecíolos, vagens e sementes). O sistema radicular era lavado em peneira, até a extinção total do solo aderente. O peso da matéria fresca das partes era determinado imediatamente. A secagem do material era realizada em estufa de ventilação forçada, a 75°C, até peso constante. Contava-se o número de folhas e de vagens e media-se a altura das plantas, o que consistia em tomar a distância do nível do solo até a extremidade superior da planta.

Todos os parâmetros determinados foram submetidos à análise de variância. Foi efetuada, também, análise de regressão curvilinear das médias de peso da matéria seca acumulada nas raízes (W_r), caules (W_c) e folhas (W_f). Procurou-se chegar ao polinômio que melhor se ajustasse aos dados primários, de acordo com o proposto por RICHARDS (15). A curva logística de crescimento foi ajustada aos dados de matéria seca acumulada nas vagens (W_v), por meio de um programa integrativo, para minimizar a variância residual. A equação empregada foi $W_v = W_m / (1 + Be^{-Ct})$, sendo W_m a estimativa assintótica do crescimento máximo, C e B constantes de ajustamento e t o tempo, em dias. Para determinar os valores instantâneos da taxa de acúmulo de matéria seca de cada parte, empregou-se a derivada da equação ajustada ao peso da matéria seca do órgão vegetal, em relação ao tempo (14, 15).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o Quadro 1, verifica-se que as alturas máximas das plantas foram de 38,4, 55,5 e 75,3 cm, em ordem decrescente de densidade de fluxo radiante. A redução do nível de radiação solar causa alongamento do caule (1, 3, 10, 20). O aumento da altura das plantas sombreadas foi, provavelmente, ocasionado pelo maior alongamento dos entrenós e pelo aumento da dominância apical. Esta última aumenta quando as plantas são cultivadas com baixos níveis de luz (16), possivelmente em razão do decréscimo de fotoassimilados e do aumento do nível de auxinas (13). Verificou-se, ainda, que as plantas cultivadas com 100% de luz, a partir do início da floração (42º dia após a emergência) não apresentaram aumento na altura. No entanto, as sombreadas continuaram a apresentar alongamento do caule após a floração, o que pode indicar alteração no hábito de crescimento em razão de decréscimo na densidade do fluxo radiante. Com base na classificação do CIAT (4), o cultivar 'Negrito 897' mudou do tipo II para o tipo III, provavelmente em razão de um aumento da dominância apical das plantas sombreadas.

O número de folhas não diferiu nos três níveis de densidade do fluxo radiante (Quadro 1). Esse resultado é contrário aos obtidos com feijão (5), cevada (17) e soja

QUADRO 1 - Altura média, número médio de folhas e de vagens e relação parte aérea (PA)/sistema radicular (SR) para os três níveis de densidade do fluxo radiante

Coleta(dias apos a emer- gência)	Altura das plantas (cm)	Número de folhas por planta			Número de vagens por planta			PA/SR		
		100%	62%	30%	100%	62%	30%	100%	62%	30%
10	7,3	8,4	10,4	3,0	3,0	3,0	3,0	2,1	2,2	2,9
20	12,2	13,5	15,8	5,0	5,0	5,0	5,0	2,6	2,9	4,6
30	16,4	21,3	27,2	8,0	7,0	6,7	6,7	2,9	3,4	4,5
40	24,4	35,7	54,9	9,7	10,0	10,5	10,5	2,4	3,5	4,1
50	35,3	41,5	70,9	11,7	13,7	12,0	12,0	12,7	8,0	2,5
60	35,0	43,7	67,8	14,4	15,2	12,7	12,7	11,5	8,5	4,9
70	36,2	55,5	75,3	14,0	13,0	11,9	11,9	8,8	5,2	4,6
80	35,5	50,0	66,8	9,5	12,0	11,0	11,0	8,0	6,3	4,5
90	38,4	49,0	62,7	4,7	9,0	10,2	10,2	7,0	4,8	3,4

(10). O número máximo de folhas ocorreu na fase inicial de enchimento de sementes (Figura 6), ou seja, 60 dias após a emergência, em todos os níveis de radiação solar. O número de folhas, nas duas últimas coletas, nas plantas que cresceram com plena radiação solar, evidencia que houve acentuada senescência foliar, causada, provavelmente, pela maior temperatura foliar, que pode ter acelerado os processos metabólicos. A respiração de manutenção depende da temperatura, e aumenta exponencialmente entre 5 e 35°C (8), devido, provavelmente, a um estímulo ao giro protéico, em resposta ao incremento térmico (8, 12).

O número de vagens por planta, em cada nível de radiação solar e em cada coleta, durante o ciclo de crescimento do feijoeiro, vê-se no Quadro 1. Os valores médios foram superiores com os maiores níveis de radiação solar. Como as vagens formam-se nas axilas das folhas e o número de folhas não diferiu nos diversos níveis de radiação solar, o menor número de vagens das plantas sombreadas indica que nessas plantas houve maior aborto de flores e vagens, em razão, possivelmente, do baixo teor de carboidratos e de outras alterações no metabolismo das plantas na época da floração e início de formação de vagens. Resultados semelhantes foram obtidos por WEBER (21), com soja.

A razão parte aérea/raiz aumentou com o sombreamento (Quadro 1), que retarda o crescimento do sistema radicular em consequência da diminuição da taxa e da quantidade de carboidratos translocados para as raízes, evidenciando, com isso, que um estresse aplicado na parte aérea limita mais seriamente o crescimento das raízes. A alteração da razão parte aérea/raiz mostra que os diferentes níveis de densidade do fluxo radiante modificaram quantitativamente a partição de assimilados entre os órgãos. Esses dados são coerentes com os observados por MELGES (10), com soja, e COOPER (6), com alfafa e cornichão, mas contrários aos obtidos por SINGH (7), com cevada.

As variações das taxas de acúmulo de matéria seca nos órgãos vêm-se na Figura 1. Verificou-se a ocorrência de mudanças do dreno metabólico preferencial de um órgão para outro em razão das transformações morfológicas das plantas. Inicialmente, parece que as folhas são os drenos metabólicos preferenciais, porém, após certo desenvolvimento, há uma mudança do dreno preferencial para o caule. As raízes acumularam matéria seca durante quase todo o ciclo de crescimento do feijoeiro, atingindo a taxa máxima de acúmulo em torno dos 40 dias após a emergência, coincidentemente com o aparecimento de flores. Com o início da formação das vagens o dreno metabólico preferencial mudou para essa parte da planta de forma definitiva e mais acentuada. HESLOP-HARRISON (7) deduz que o crescimento vascular é promovido por auxinas, o que facilita o fluxo de nutrientes e água para as vagens, aumentando-lhes o poder competitivo, em relação aos outros órgãos. Mesmo tendo ocorrido mudanças no dreno metabólico preferencial, os demais órgãos continuaram acumulando matéria seca, embora com taxas menores. No entanto, a ordem seqüencial dos drenos metabólicos preferenciais não foi modificada pelo sombreamento.

Segundo MONTEITH (11), os principais fatores responsáveis pela produção de matéria seca são a área foliar, a taxa fotossintética, a taxa respiratória e a radiação solar incidente. Dentre esses, a radiação solar teve grande importância, porque influenciou a área foliar, a taxa fotossintética e a taxa respiratória.

A representação gráfica da tendência da variação da matéria seca das folhas (W_f) vê-se na Figura 2. Os valores máximos de W_f foram 6,6, 5,6 e 4,6 g. vaso⁻¹, em ordem decrescente de radiação solar, atingidos em torno do 50.⁰ dia após a emergência com o nível de 100% e em torno do 60.⁰ dia após a emergência com os níveis de 62 e 30% de radiação solar. W_f decresceu acentuadamente com 100% de luz, a partir do início do período de enchimento de sementes, em consequência da

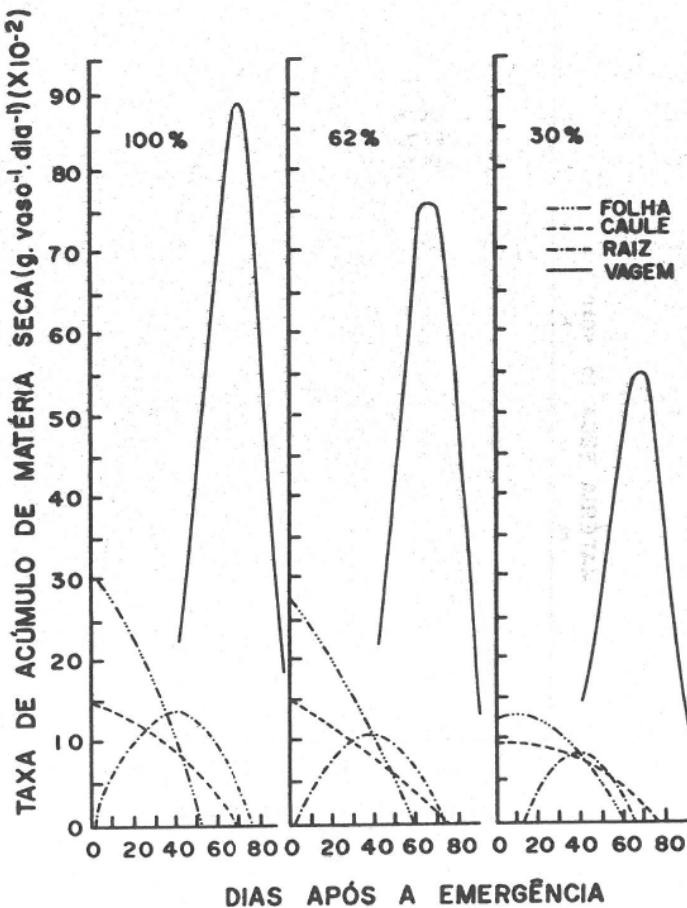


FIGURA 1 - Taxa de acúmulo de matéria seca nas folhas, caules, raízes e vagens, em três níveis de radiação solar.

mais rápida senescência de suas folhas, provavelmente em razão das altas temperaturas na casa de vegetação. Talvez a redução da temperatura do ar e das folhas, nos tratamentos sombreados, tenha sido o fator do retardamento da senescência foliar e da planta toda.

As curvas da matéria seca acumulada nos caules (W_c) encontram-se na Figura 3. Os valores máximos de W_c foram 4,9, 4,6 e 4,3 g. vaso⁻¹, em ordem decrescente de luminosidade, alcançados em torno do 70.^º dia com 100% e em torno do 78.^º dia após a emergência com 62 e 30% de radiação solar. Observa-se que a diferença de amplitude entre as curvas foi menor que a de W_f , e a senescência caulinar, com plena radiação solar, não acompanhou a rápida senescência das folhas. Nota-se, ainda, a ocorrência de mais ou menos 20 dias de intervalo entre os valores máximos de W_f e W_c , o que indica que, durante algum tempo, os caules foram os drenos preferenciais de assimilados, da mesma forma que as vagens o foram, poste-

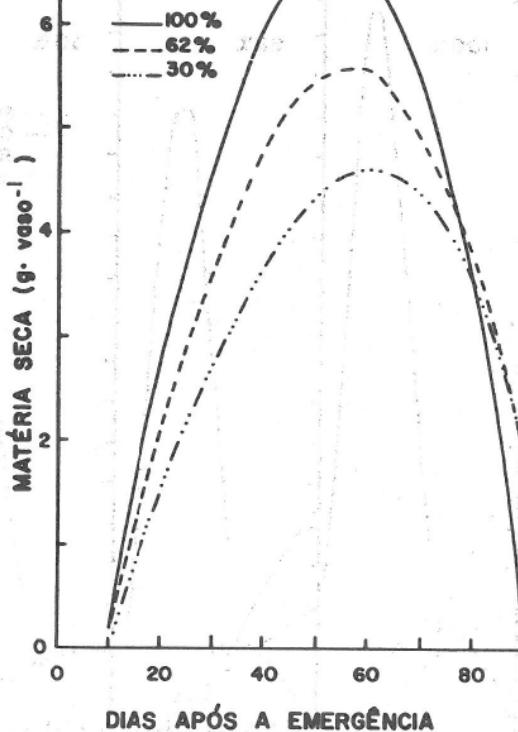


FIGURA 2 - Matéria seca das folhas, em três níveis de radiação solar.

riormente, de forma mais vigorosa e definitiva.

Houve aproximadamente dez dias de intervalo entre os valores máximos de W_f e W_c , alcançados com o nível de 100% e com os dois menores níveis de luz, indicando a capacidade das plantas sombreadas para prolongar o período de incremento de matéria seca, o que demonstra a grande plasticidade dessa leguminosa, em relação aos fatores do meio ambiente.

A tendência da variação da matéria seca das raízes (W_r) vê-se na Figura 4. Os valores máximos de W_r foram 7,3, 5,2 e 3,1 g. vaso⁻¹, em ordem decrescente de densidade de fluxo radiante, obtidos aos 65, 73 e 79 dias após a emergência, respectivamente. Observou-se forte tendência de incremento de W_r com o aumento da densidade de fluxo radiante. A medida que o período de crescimento avançou, houve consistente aumento na diferença de W_r entre os tratamentos. A redução da radiação solar diminuiu o crescimento do sistema radicular, por causa da menor disponibilidade de carboidratos por planta. A estratégia adaptativa do feijoeiro ao estresse de luz faz com que maior parte desses assimilados fique na parte aérea, aumentando seu crescimento, para maximizar a interceptação e absorção de luz.

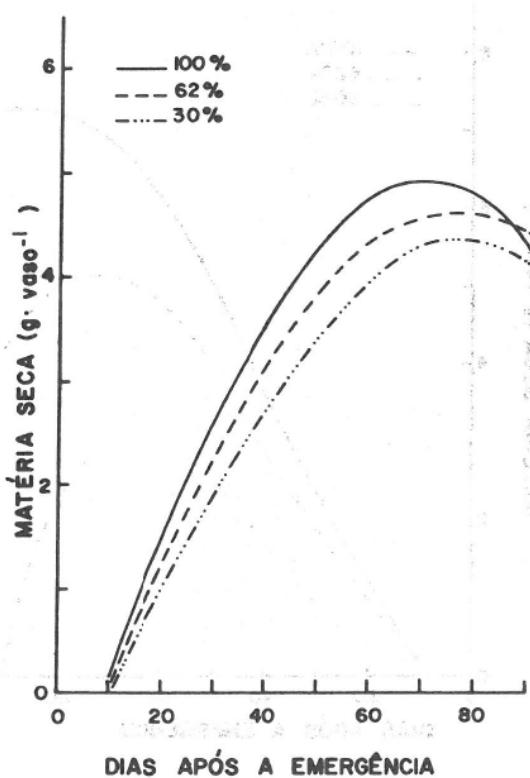


FIGURA 3 - Matéria seca dos caules, em três níveis de radiação solar.

O acúmulo de matéria seca nas vagens (W_V) ajustou-se a um curso logístico (Figura 5). Nota-se que houve forte tendência de redução de W_V com o decréscimo do nível de radiação solar. A baixa produção de W_V , principalmente com 30% de luz, deve ter sido resultado da baixa produção de fotoassimilados por planta. Entretanto, W_V aumentou até a última colheita, tendendo a um patamar em torno do 80.^º dia após a emergência, ou seja, época de maturação fisiológica das sementes. A evolução dos valores médios de W_V e suas partes vê-se na Figura 6. A matéria seca acumulada nas sementes (W_S) e nos pericarpos (W_P) aumentou até a colheita final com o nível de 100%, provavelmente porque as plantas eram individualmente mais vigorosas e essas partes continuaram recebendo assimilados de outros órgãos. Com os menores níveis de luz, W_S e W_P não aumentaram continuamente, indicando menor vigor das plantas. No entanto, W_P continuou crescendo de forma competitiva com W_S em todos os níveis de radiação solar, embora o pericarpo, durante algum tempo, tenha contribuído com seu próprio fotoassimilado para o aumento de W_V . Com os dois menores níveis de luz a produção de sementes (W_S) (Quadro 2) foi reduzida, em razão da baixa taxa assimilatória líquida (9), que ocasionou menor produção de carboidratos, aliada a menor número de vagens.

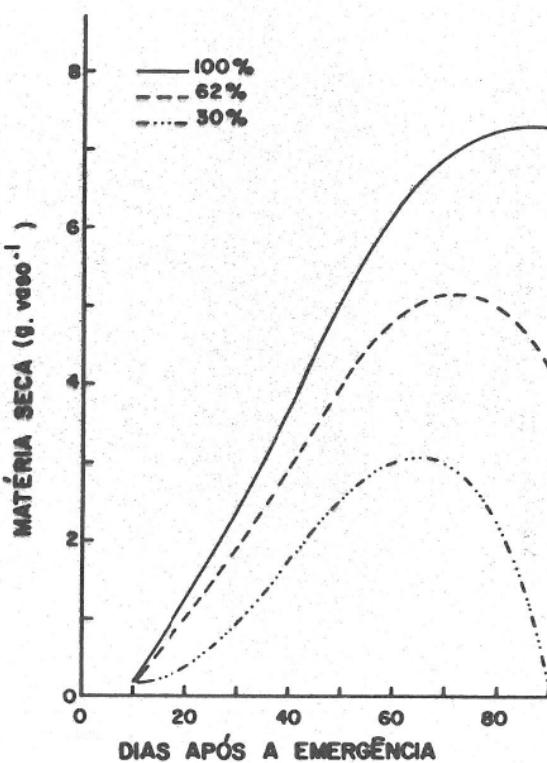


FIGURA 4 - Materia seca das raízes, em três níveis de radiação solar.

4. RESUMO

Crescimento, morfologia, participação de assimilados e produção de matéria seca foram estudados em *Phaseolus vulgaris* L., cv. 'Negrito 897', com três níveis de luz (30, 62 e 100% da radiação solar), em casa de vegetação. As colheitas foram realizadas a intervalos regulares de 10 dias.

O número máximo de folhas coincidiu com o início do enchimento de grãos em todos os níveis de radiação. O número de vagens/planta decresceu com a redução do nível de luz. O sombreamento favoreceu o alongamento do caule. As alturas máximas das plantas foram de 38,4, 55,5 e 75,3 cm, em ordem decrescente de densidade de fluxo radiante. Houve mudança no hábito de crescimento das plantas submetidas a sombreamento, que passaram do tipo II para o tipo III.

As variações das taxas de acúmulo de matéria seca foram nitidamente seqüenciais, ocorrendo mudanças do dreno metabólico preferencial com a ontogenia das plantas. Primeiramente, as folhas e raízes foram os drenos preferenciais; depois de certo desenvolvimento, houve mudança para o caule. A taxa máxima de acúmulo de matéria seca nas raízes coincidiu com o aparecimento das vagens, que passaram a ser o dreno preferencial de forma acentuada e definitiva. O sombreamento não alterou a ordem seqüencial dos drenos preferenciais.

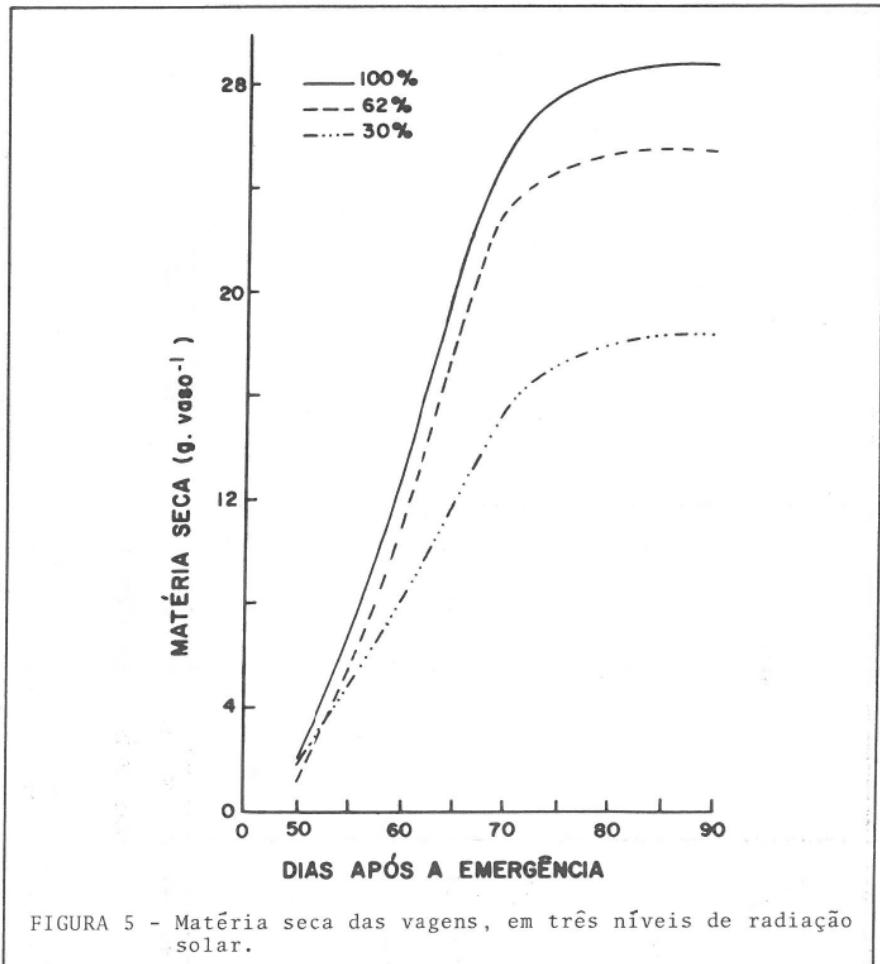


FIGURA 5 - Matéria seca das vagens, em três níveis de radiação solar.

A razão parte aérea/sistema radicular aumentou com o sombreamento, que reduziu mais o crescimento do sistema radicular que o da parte aérea. Houve incremento na matéria seca das vagens com o aumento da densidade do fluxo radiente. A matéria seca acumulada nas sementes e pericarpos aumentou continuamente, até a última colheita, com 100% de luz, o que não ocorreu nos tratamentos sombreados.

5. SUMMARY

Growth, morphology and dry matter partition were studied in *Phaseolus vulgaris* L., cv. Negrito 897, under three light levels (30, 62 and 100% of sunlight) in the greenhouse. The plants were harvested at 10 — day intervals.

Irrespective of light flux densities, the maximum number of leaves/plant was attained at the onset of grain filling. The number of pods/plant was reduced by decreasing light levels. Shading increased stem elongation. The maximum height of the plants was 38.4, 55.5 and 75.3 cm, in order of decreasing light levels. Plant growth habit changed from type II to type III by shading.

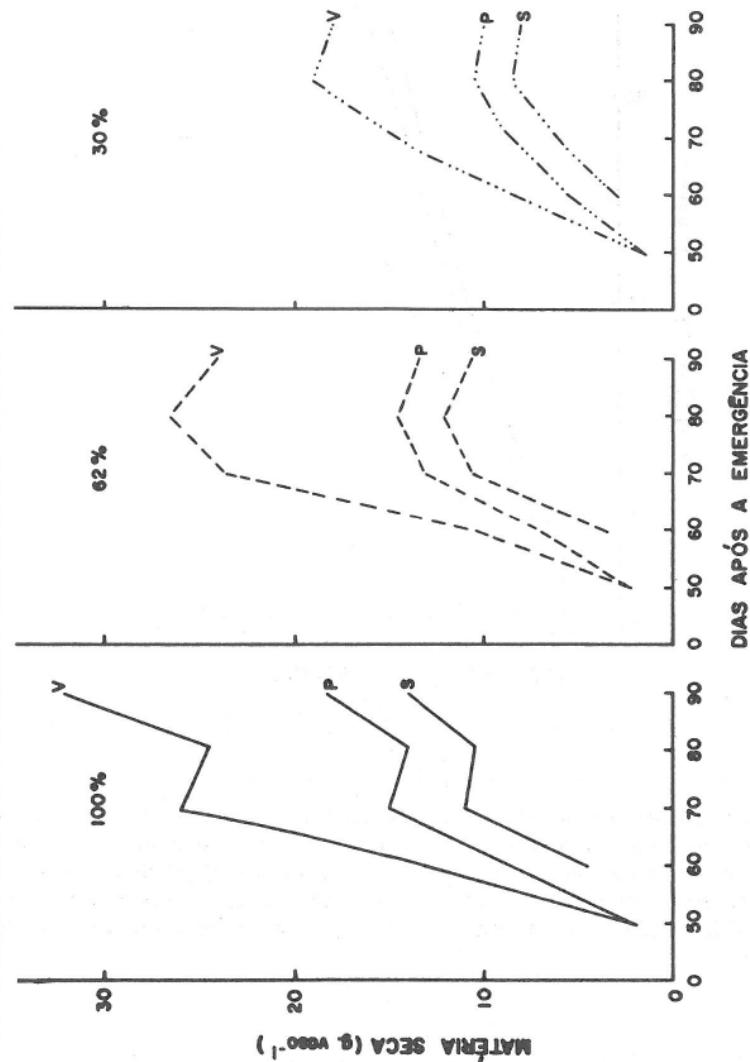


FIGURA 6 - Materia seca das vagens e de suas partes, em três níveis de radiação solar, sendo V=vagem, P=pericarpo e S=semente.

QUADRO 2 - Peso médio da matéria seca das vagens e suas partes, em g. vaso⁻¹, para os três níveis de densidade de fluxo radiante, na última colheita

Nível de luz (%)	Vagem	Semente	Pericarpo
100	32,1	18,2	13,9
62	23,9	13,3	10,6
30	17,9	9,9	8,0

As the bean grew, dry matter partition changed in sequence. At first, roots and leaves were the preferential sink. After some development, the preferential sink changed to the stem. When roots reached the maximum rate, coincident with pod initiation, then the pods became the preferential sink. Shading did not alter this trend.

The shoot/root ratio increased with shading. Root growth was more affected by reducing solar radiation than shoot growth. There was a strong pod dry weight accumulation with increase of light flux density. Seed and pericarp grew continuously until final harvest at full solar radiation, whereas this did not occur at the lower light levels.

6. LITERATURA CITADA

1. ANTONIW, L.D. & SPRENT, J.I. Growth and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. at two irradiances I. Growth. *Ann. Bot.* 42:389-397. 1978.
2. BROUWER, R. Distribution and dry matter in the plant. *Neth. J. Agric. Sci.* 10:361-375. 1962.
3. CHANG, Jen-Hu. *Climate and agriculture. An ecological survey*. Chicago, Aldine Publisching, 1968. 304 p.
4. CIAT. *Annual report 1977*. Cálí, Colômbia, Centro Int. Agric. Trop. 1978. p. B93.
5. CROOKSTON, R.K.; TREHARNE, K.J.; LUDFORD, P. & OZBUN, J. L. Response of beans to shading. *Crop Sci.* 15:412-416. 1975.
6. COOPER, C.S. Response of birdsfoot trefoil and alfalfa to various levels of shade. *Crop Sci.* 6:63-66. 1966.
7. HESLOP-HARRISON, J. Development, differentiation and yield. In: EASTIN, J.D.; HASKINS, F.A.; SULLIVAN, C.Y.; VAN BAEL, C.H.M. (eds.). *Physiological aspects of crop yield*. Madison, American Society of Agronomy, 1970. p. 89-111.
8. LOPEZ, N.F. *Respiration related to growth and maintenance in radish (*Raphanus sativus* L.) plants*. Davis, Ca. University of California, 1979. 151 p. (PhD Dissertation).

9. LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; FREITAS, J.G.; MELGES, E. & BELTRÃO, N.E.M. Análise de crescimento e conversão da energia solar em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a três níveis de densidade do fluxo radiante. *Rev. Ceres* 29(166):586-606. 1982.
10. MELGES, E. Crescimento, conversão da energia solar e nodulação da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sob quatro níveis de radiação solar. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1983. 78 p. (Tese de Mestrado).
11. MONTEITH, J.L. Light interception and radiative exchange in crop stands. In: EASTIN, J.D.; HASKINS, F.A.; SULLIVAN, C.T. & VAN BAVEL, C.H.M. (eds.). *Physiological aspects of crop yield*. Madison, American Society of Agronomy, 1969. p. 89-111.
12. PENNING DE VRIES, F.W.T. The cost of maintenance processes in plant cells. *Ann. Bot.* 39:77-92. 1975.
13. PHILLIPS, I.D.J. Apical dominance. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 26:341-367. 1975.
14. RADFORD, P.J. Growth analysis formulae. Their use and abuse. *Crop Sci.* 7:171-175.
15. RICHARDS, F.J. The quantitative analysis of growth. In: STEWARD, F.C. (ed.). *Plant Physiology. A treatise*. New York, Academic Press, 1969. p. 3-76.
16. RYLE, G.J.A. Effects of light intensity on reproduction in S48-timothy (*Phleum pratense* L.). *Nature* 19:196-197. 1961.
17. SINGH, B.P. Effect of shade on growth of spring barley. *Phyton* 36:53-60. 1978.
18. SINGH, M.; OGREN, W.L. & WIDHOLM, J.M. Photosynthetic characteristics of several C₃ and C₄ plant species grown under different light intensities. *Crop Sci.* 14:563-566. 1974.
19. TRANG, K.M. & GIDDENS, J. Shading and temperature as environmental factors affecting growth, nodulation and symbiotic N₂ fixation by soybeans. *Agron. J.* 72:305-308. 1980.
20. WAHUA, T.A.T. & MILLER, D.A. Effects of shading on the N₂ fixation, yield and plant composition of field-grown soybeans. *Agron. J.* 70:387-392. 1978.
21. WEBER, C.R. Physiological concepts for high soybean yields. *Field Crop Abstracts* 21:315-317. 1968.
22. YAMAGUCHI, J. Respiration and the growth efficiency in relation to crop productivity. *J. Fac. Agric. Hokkaido Univ.* 59:59-129. 1978.