

## **CRESCIMENTO E CONVERSÃO DA ENERGIA SOLAR EM SISTEMAS DE CULTIVOS ASSOCIADOS E EXCLUSIVOS DE MILHO E FEIJÃO. II. FEIJÃO DAS «ÁGUAS».<sup>1/</sup>**

Geraldo Antonio de Andrade Araújo<sup>2/</sup>  
Luiz Antonio Nogueira Fontes<sup>3/</sup>  
Nei Fernandes Lopes<sup>4/</sup>  
José Domingos Galvão<sup>3/</sup>  
Gilberto Chohaku Sediyama<sup>5/</sup>

### **1. INTRODUÇÃO**

Em Minas Gerais, é prática comum o plantio simultâneo de milho e feijão em consórcio no início da estação chuvosa (outubro-novembro), ou seja, no chamado período das «água». Nesse sistema, a leguminosa sofre forte competição, podendo seu rendimento reduzir de até 70%.

Vários estudos mostraram a importância da densidade de fluxo radiante e da área foliar da planta na produção de biomassa (6, 9, 11). Alta produtividade parece estar associada a alto índice de área foliar, embora valores supraótimos deste possam acarretar redução na biomassa, em consequência do sombreamento mútuo das folhas (1, 14). Segundo WATSON (16), maior produtividade deve ser procurada, principalmente, por meio do incremento do índice de área foliar, pois aumentos na taxa assimilatória líquida, pelo melhoramento genético ou por tratos culturais, parecem ser dificeis.

---

<sup>1/</sup> Aceito para publicação em 22-08-1986.

<sup>2/</sup> Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). Caixa Postal 216. 36570 Viçosa, MG.

<sup>3/</sup> Departamento de Fitotecnia da UFV. 36570 Viçosa, MG.

<sup>4/</sup> Departamento de Biologia Vegetal da UFV. 36570 Viçosa, MG.

<sup>5/</sup> Departamento de Engenharia Rural da UFV. 36570 Viçosa, MG.

Neste trabalho, procurou-se avaliar, por meio da análise de crescimento, o comportamento do feijão cultivado em sistemas exclusivos e associados ao milho, caracterizando taxas máximas de produção de matéria seca e utilização da energia solar.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no ano agrícola 1977/78, em Viçosa, MG, e as condições do experimento foram as descritas anteriormente por ARAÚJO *et alii* (2).

*Phaseolus vulgaris* L., cv. 'Ricobaio 1014', de hábito de crescimento indeterminado e ereto (tipo II), foi plantado no sistema exclusivo e consorciado com o milho híbrido Ag-430B. No sistema exclusivo (FE), o espaçamento foi de 0,50 m entre fileiras e 0,10 m entre plantas na fileira. Os dois sistemas associados, intercalar (FI) e em faixas (FF), foram descritos anteriormente por ARAÚJO *et alii* (2).

A matéria seca (W) foi obtida semanalmente a partir do décimo quinto dia da emergência do feijoeiro. As plantas colhidas na área útil foram levadas para o laboratório, onde se retiraram discos de folhas para a determinação da área foliar. As partes das plantas foram separadas, acondicionadas e levadas para uma estufa com ventilação forçada, a 70°C, aí permanecendo até que atingissem peso constante.

As curvas de acúmulo de matéria seca das vagens ( $W_V$ ) e matéria seca total ( $W_t$ ) foram ajustadas ao modelo logístico descrito pela fórmula  $W_t = W_m/(1 + Be^{-Ct})$ , em que  $W_m$  representa a estimativa assintótica do crescimento máximo, B e C são os coeficientes da regressão e t o tempo, em dias, após a emergência das plantas de feijão.

A partir dos valores ajustados de matéria seca total ( $W_t$ ), matéria seca foliar ( $W_f$ ) e área foliar ( $A_f$ ), foram calculados os seguintes parâmetros: taxa de produção de matéria seca ( $C_t$ ), índice de área foliar ( $L$ ), taxa de crescimento de área foliar ( $C_a$ ), razão de área foliar ( $F_a$ ), razão de peso foliar ( $F_w$ ), taxa de crescimento relativo ( $R_w$ ) e taxa assimilatória líquida ( $E_a$ ), de acordo com o proposto por RADFORD (10).

O índice de produção ( $Y_i$ ), definido como a razão entre a matéria seca das vagens ( $W_V$ ) e a matéria seca total ( $W_t$ ), foi calculado com o emprego da fórmula  $Y_i\% = 100 W_V \cdot W_t^{-1}$ .

A eficiência na conversão da energia solar ( $\xi$ ) foi estimada a partir da equação  $\xi\% = 100 C_t \cdot \delta \cdot R_a$ , sendo  $R_a$  o valor médio diário da radiação solar nos cinco dias anteriores ao  $C_t$  correspondente e  $\delta$  o valor calorífico. Os valores de  $R_a$  foram obtidos no topo da cultura do milho. O valor calorífico adotado foi de 3.800 cal.g<sup>-1</sup>, o mesmo determinado por Lieth, citado por KVET *et alii* (7).

## 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

A tendência do acúmulo de matéria seca total ( $W_t$ ) está expressa na Figura 1. Verifica-se que, durante o período inicial, ou seja, até aproximadamente 40 dias após a emergência das plantas de feijão, os valores médios de  $W_t$  nos sistemas FE e FI estiveram muito próximos. A partir desse ponto ocorreu redução no acúmulo de matéria seca no sistema intercalar, enquanto nos sistemas exclusivo e em faixas alternadas essa redução ocorreu mais tarde. Acredita-se que a competição entre as plantas de milho e de feijão tenha provocado essa redução no crescimento do feijoeiro no sistema intercalar. Nesse sistema, durante os primeiros dias de desenvolvimento das plantas de milho e de feijão, não havia nenhuma competição que prejudicasse a leguminosa, porque seu crescimento se mantinha semelhante

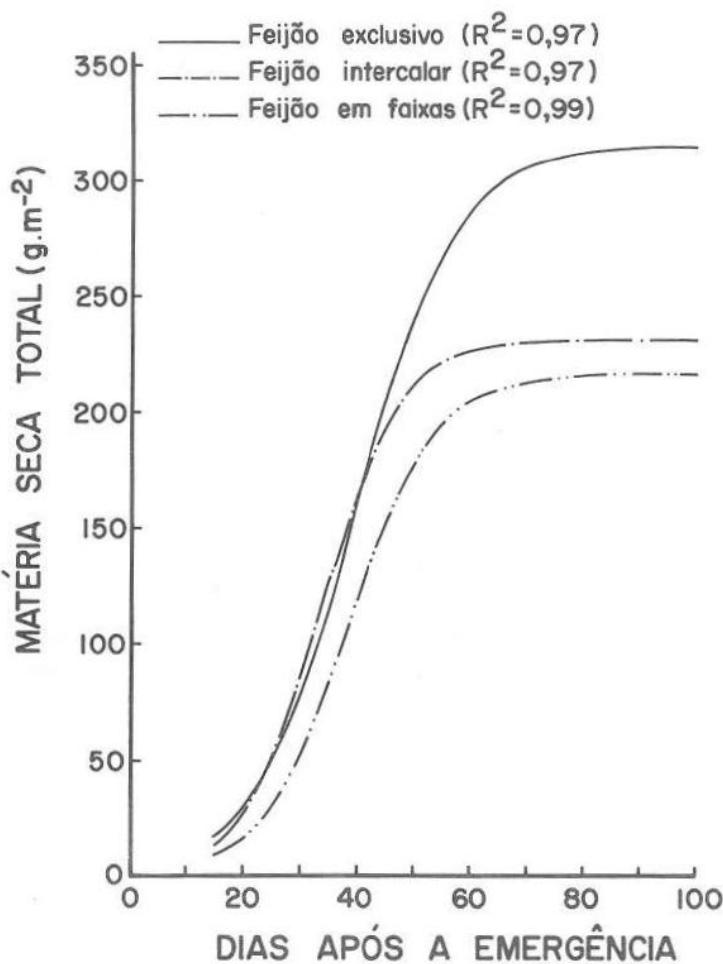


FIGURA 1 - Materia seca total do feijão do período das "água", nos sistemas de plantio exclusivo (FE), intercalar (FI) e em faixas alternadas (FF) ao milho.

ao do sistema exclusivo. Verifica-se que a fase de rápido crescimento do feijoeiro, no sistema intercalar, foi reduzida (Figura 1). Semelhantemente a  $W_t$ , o acúmulo de matéria seca nas vagens ( $W_y$ ) apresentou o mesmo comportamento (Figura 2). Apenas o sistema FF apresentou um período de acúmulo de matéria seca nas vagens um pouco maior que os dos dois outros sistemas. A redução do período de crescimento linear do acúmulo de matéria seca total teve efeito direto sobre a produção de matéria seca das vagens, uma vez que aos 36 dias teve início a floração.

A distribuição percentual da matéria seca nas folhas, caules e vagens do feijoeiro está na Figura 3. Houve diferença na participação de assimilados entre as partes vegetativa e reprodutiva, influenciada pelo sistema de plantio. Assim, no sistema intercalar a produção de fotoassimilados não foi suficiente para manter o crescimento normal das partes vegetativas e reprodutivas ao mesmo tempo. A partir do momento em que o milho começou a sombrear a cultura do feijoeiro, houve um decréscimo mais acentuado na taxa de produção da matéria seca total do sistema intercalar.

A tendência da taxa de produção de matéria seca ( $C_t$ ) dos sistemas de plantio de feijão é apresentada na Figura 4. Verifica-se que os valores máximos de  $C_t$  foram de 9,2, 8,6 e 7,1  $g \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$ , alcançados aos 40, 33 e 38 dias após a emergência do feijoeiro, nos sistemas FE, FI e FF, respectivamente. Os valores aqui encontrados diferem dos alcançados por BRANDES *et alii* (4), que obtiveram curvas com dois pontos de máximo, o primeiro em torno dos 20 dias e o outro em torno de 60 dias após a emergência do feijoeiro. Isso talvez tenha acontecido porque os autores não usaram o modelo logístico de crescimento para ajustar os dados de matéria seca total. A tendência da taxa de produção de matéria seca das vagens ( $C_y$ ) encontra-se na Figura 5. As taxas máximas obtidas foram de 6,8, 4,9 e 5,2  $g \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$ , alcançadas aos 64, 67 e 74 dias após a emergência do feijoeiro, nos sistemas FE, FI e FF, respectivamente.

A tendência dos valores do índice de área foliar ( $L$ ) é mostrada na Figura 6, com máximos de 4,1, 4,3 e 3,4, atingidos aos 49, 47 e 48 dias após a emergência, nos sistemas FE, FI e FF, respectivamente. Os valores de  $L$  obtidos neste trabalho foram bem superiores aos encontrados por BRANDES *et alii* (4) e XAVIER (12), porém semelhantes aos obtidos por ASCENCIO e SGAMBATTI (3). ALVIM e ALVIM (1) obtiveram, em densidades de plantio variáveis, para o feijoeiro, índices de área foliar de 1,4 a 7,6 na cultura exclusiva e de 0,7 a 2,6 no sistema consorciado, em período muito curto. Verifica-se, na Figura 6, que o sistema FI apresentou valor de  $L$  superior aos de FE e FF, em decorrência do sombreamento provocado pelo milho. O sombreamento da planta de feijão induz o alongamento do caule e aumenta sua área foliar, como forma de ajustamento, para maximizar a interceptação da radiação solar (5, 8). Esse aumento de área foliar fez com que a espessura da folha, nos sistemas associados, diminuisse. Os valores da razão de área foliar ( $F_A$ ) e da razão de peso foliar ( $F_W$ ), apresentados nas Figuras 7 e 8, mostram que  $F_A$  aumentou com o incremento do sombreamento, mas  $F_W$  praticamente não variou, o que indica que esse último parâmetro tem característica muito conservadora.

A tendência das curvas da taxa de crescimento do índice de área foliar ( $C_A$ ) é mostrada na Figura 9, evidenciando-se crescimento rápido de seus valores médios. Os valores máximos de  $C_A$  foram de 0,15, 0,17 e 0,13  $dm^2 \cdot dia^{-1}$ , obtidos aos 27, 25 e 30 dias após a emergência do feijoeiro, para os sistemas FE, FI e FF. Observou-se que, nos sistemas em que o feijão estava associado ao milho, os valores de  $C_A$ , a partir de seus máximos, caíram mais rapidamente, indicando a ocorrência de maior senescência das folhas nesses sistemas, em relação ao exclusivo.

A taxa assimilatória líquida ( $E_A$ ) apresentou altos valores iniciais, com ten-

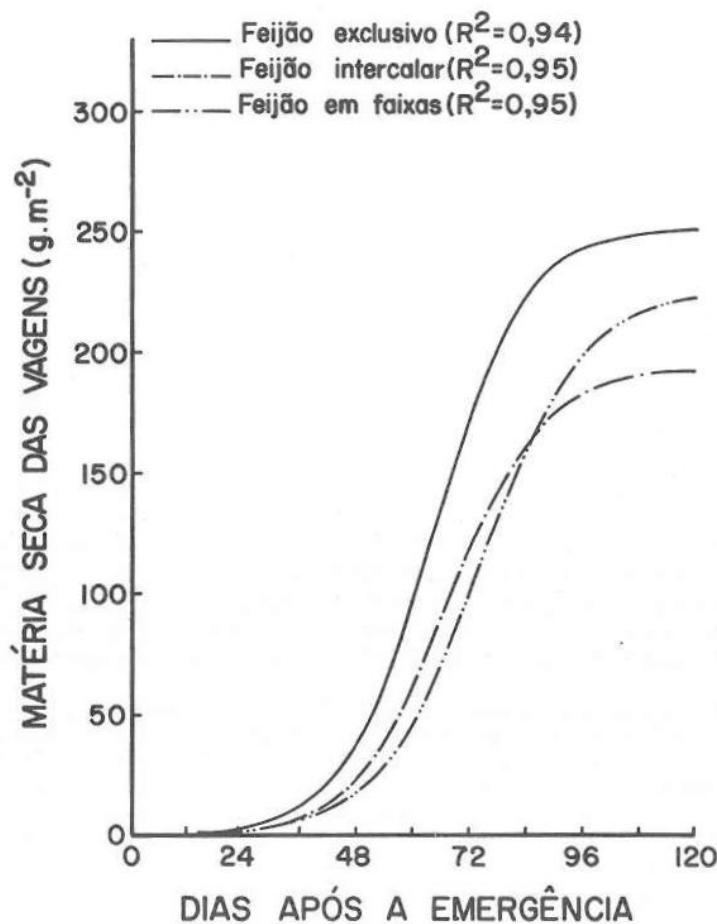


FIGURA 2 - Matéria seca das vagens do feijão do período das "água", nos sistemas de plantio exclusivo (FE), intercalar (FI) e em faixas alternadas (FF) ao milho.

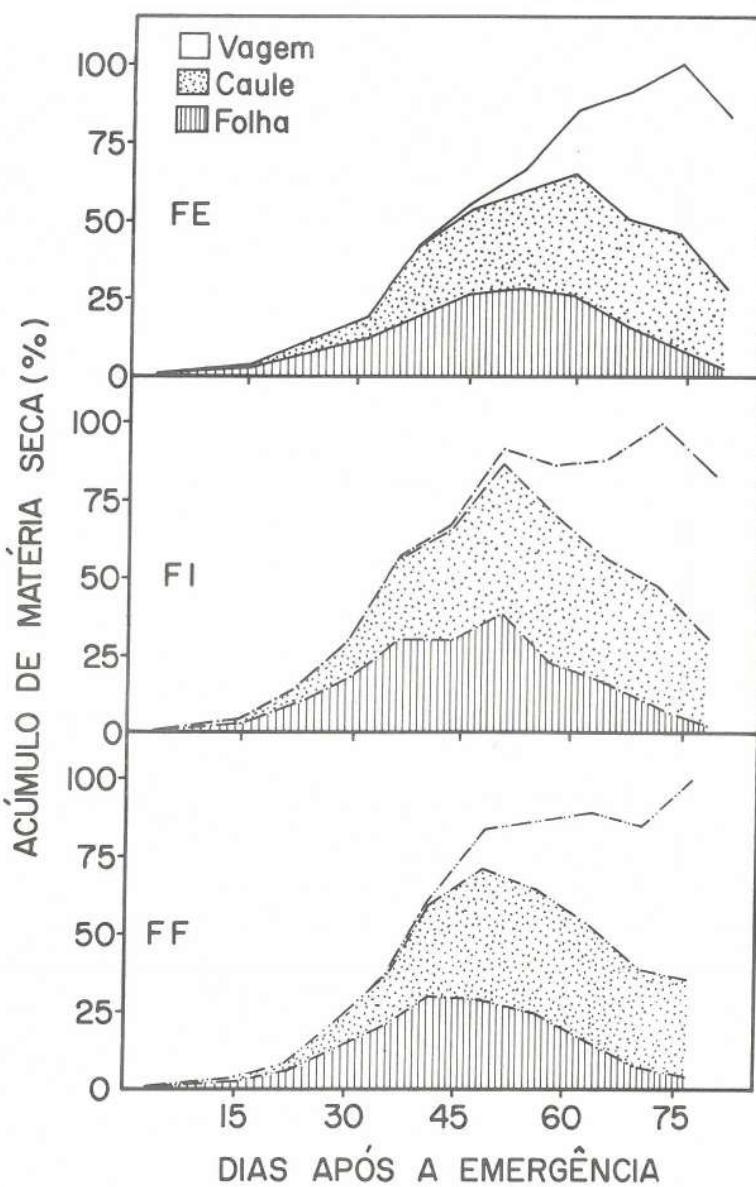


FIGURA 3 - Acúmulo percentual de matéria seca nos órgãos da planta do feijão das "água", nos sistemas de plantio exclusivo (FE), intercalar (FI) e em faixas alternadas (FF) ao milho.

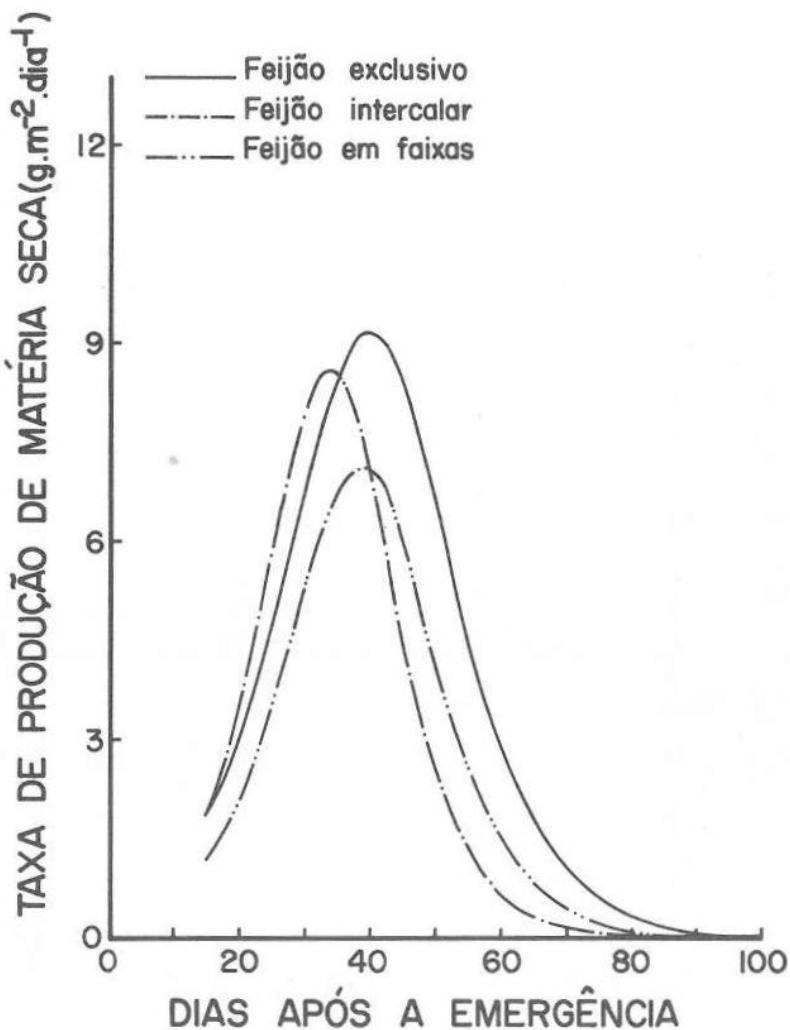


FIGURA 4 - Taxa de produção de matéria seca do feijão das "águas", nos sistemas de plantio exclusivo (FE), intercalar (FI) e em faixas alternadas (FF) ao milho.

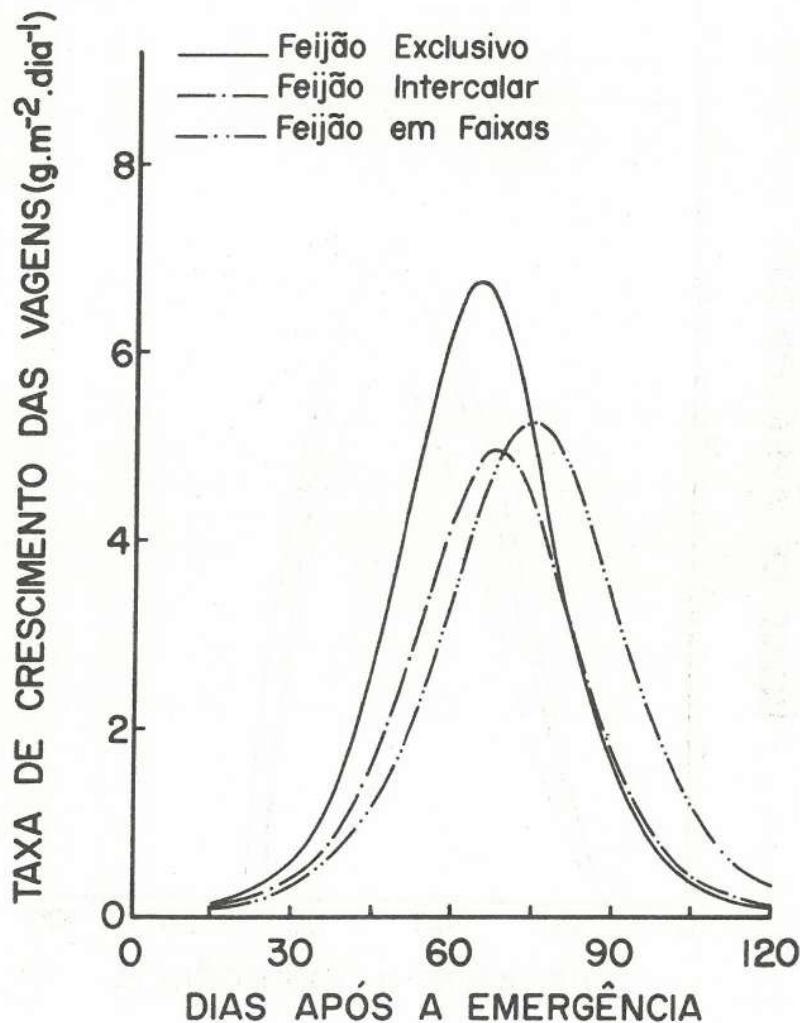


FIGURA 5 - Taxa de crescimento das vagens do feijão das "águas", nos sistemas de plantio exclusivo (FE), intercalar (FI) e em faixas alternadas (FF) ao milho.

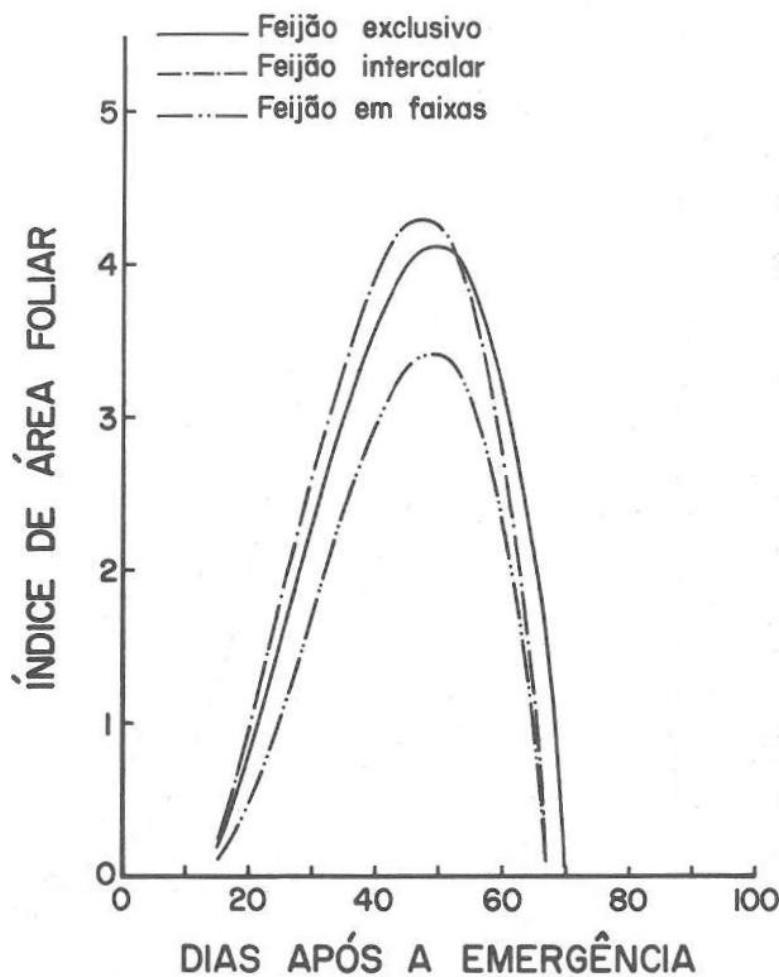


FIGURA 6 - Índice de área foliar do feijão das "águas", nos sistemas de plantio exclusivo (FE), intercalar (FI) e em faixas alternadas (FF) ao milho.

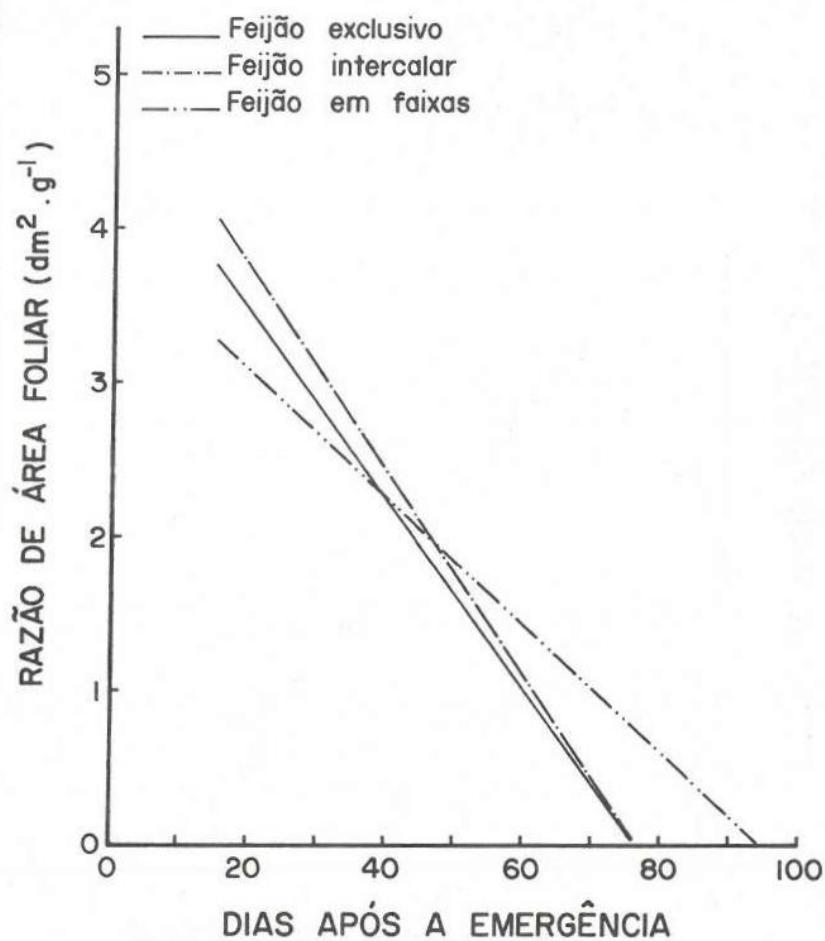


FIGURA 7 - Razão de área foliar do feijão das "água", nos sistemas de plantio exclusivo (FE), intercalar (FI) e em faixas alternadas (FF) ao milho.

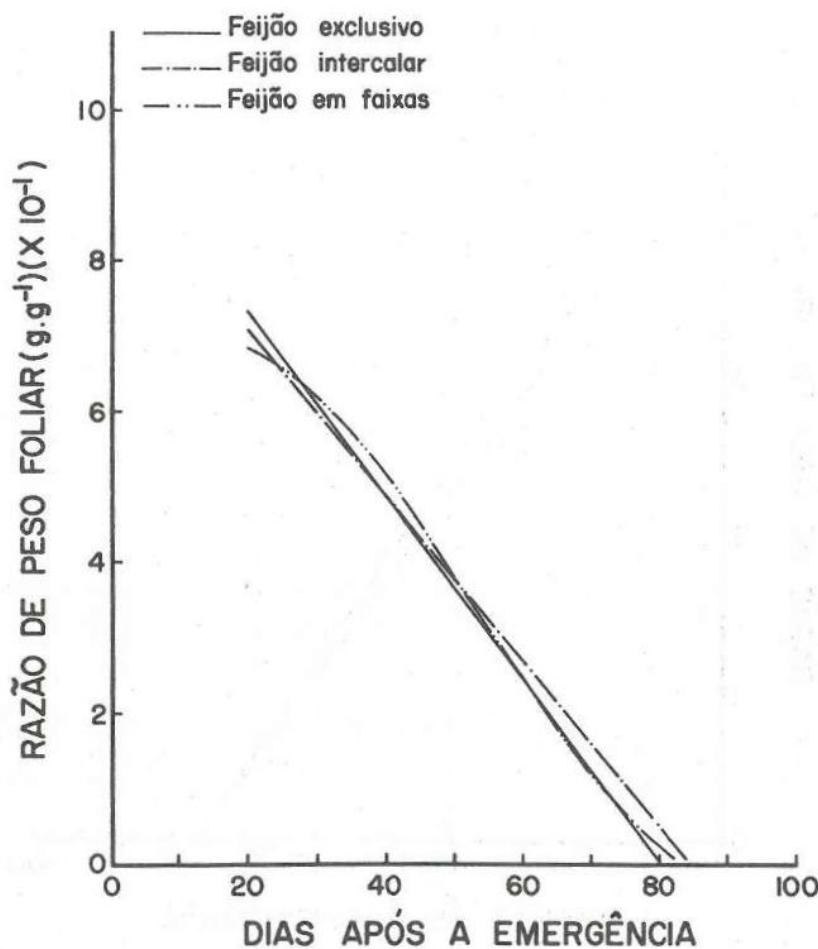


FIGURA 8 - Razão de peso foliar do feijão das "água", nos sistemas de plantio exclusivo (FE), intercalar (FI) e em faixas alternadas (FF) ao milho.

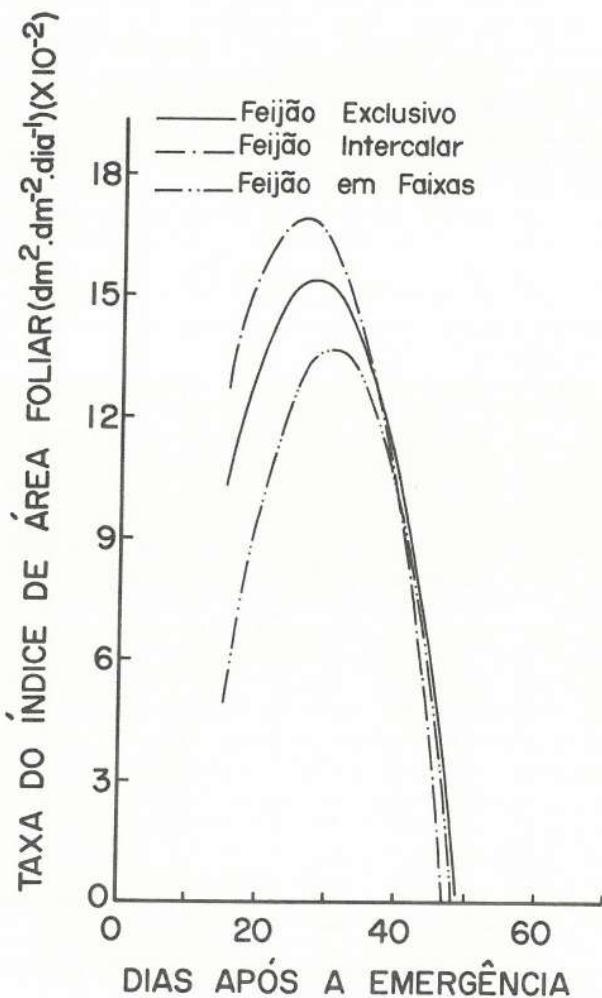


FIGURA 9 - Taxa do índice de área foliar do feijão das "água", nos sistemas de plantio exclusivo (FE), intercalar (FI) e em faixas alternadas (FF) ao milho.

dência fortemente decrescente com o avanço em idade das plantas (Figura 10). Esses resultados estão de acordo com as observações feitas por WATSON (15) e WALLACE (13), que consideraram este fato uma característica geral das plantas de ciclo curto. As oscilações das curvas de  $E_A$  devem-se principalmente ao sombreamento provocado pelo milho. Tudo indica que a partir do 20º e 40º dia após a emergência do feijoeiro, nos sistemas FI e FF, respectivamente, teve início um processo de redução de  $F_A$ , mais acentuado pela competição entre as plantas de milho e de feijão por fatores do meio ambiente. A competição por luz, nutrientes e água aumentou à medida que as plantas se desenvolveram. A competição por luz e nutrientes foi, provavelmente, o fator que mais limitou o desenvolvimento do feijoeiro, uma vez que a distribuição de chuvas durante o ciclo das culturas foi suficiente para manter um teor adequado ou alto de água no solo, conforme se depreende das Figuras 11 e 12. Essas figuras mostram as variações dos teores de umidade no solo, nas profundidades de 5 a 10 cm, avaliados nos horários das 8 e 13 horas. Verifica-se que as curvas, nos dois horários e nas duas profundidades, apresentaram, em média, a mesma tendência. Em virtude da boa distribuição de chuvas durante esse período, o nível de água no solo manteve-se sempre elevado, entre -0,03 e -0,5 MPa, com raros intervalos em que houve pequena ou nenhuma precipitação. Com isso, o teor médio de umidade manteve-se próximo da capacidade de campo (= -0,03 MPa). De modo geral, os teores de água no solo, nos sistemas exclusivos e em faixas alternadas, foram semelhantes. Apenas nos períodos em que não houve precipitação, e a partir do momento em que as plantas de milho ultrapassaram em altura as de feijão, o sistema em faixas alternadas apresentou teores de umidade, a 5 cm de profundidade, ligeiramente superiores aos do sistema exclusivo. Essa inversão de valores pode ser explicada pelo fato de o milho atuar, no sistema em faixas alternadas, como barreira contra o vento, reduzindo a perda de umidade. No sistema intercalar, os valores de umidade do solo, nos dois horários e nas duas profundidades, foram sempre inferiores aos obtidos nos outros dois sistemas. Esse comportamento foi resultado, provavelmente, da proximidade das plantas de milho e feijão. Como as células de Colman foram colocadas no sulco de plantio do feijoeiro, além das plantas de feijão, as plantas de milho poderiam estar retirando a água do mesmo local.

A forte tendência de decréscimo da taxa de crescimento relativo ( $R_w$ ) com a ontogenia do feijoeiro é mostrada na Figura 13. Inicialmente, os sistemas consorciados (FI e FF) apresentaram maiores valores de  $R_w$  do que os do exclusivo (FE). Entretanto, a curva de  $R_w$  do FE mostrou queda mais suave do que as de FI e FF.

Analizando em conjunto os parâmetros de crescimento,  $R_w$  e  $E_A$ , verifica-se que o período em que a competição começa a prejudicar o feijão está entre o 20º e o 30º dia para o sistema intercalar e entre o 40º e 45º dia para o sistema em faixas alternadas.

Os valores do índice de produção ( $Y_1$ ) estão na Figura 14. Houve tendência de as plantas de feijão, nos sistemas associados, investirem mais na parte vegetativa que na parte reprodutiva, principalmente no sistema intercalar, quando a produção de vagens por planta e o número de sementes por vagem foram reduzidos.

A tendência dos valores da eficiência na conversão da energia solar ( $\xi$ ) é mostrada graficamente na Figura 15. Os valores máximos de  $\xi$  foram de 1,17, 1,04 e 0,93%, alcançados aos 42, 32 e 34 dias após a emergência do feijoeiro, nos sistemas FE, FI e FF, respectivamente. Os valores médios da eficiência na conversão da energia solar, na mesma ordem citada, foram de 0,48, 0,36 e 0,31. ALVIM e ALVIM (1), obtiveram valores de  $\xi$  de 0,27 a 1,30% para feijão exclusivo e de 0,09 a 0,31% para feijão associado ao milho. Esses valores foram obtidos num período de tempo

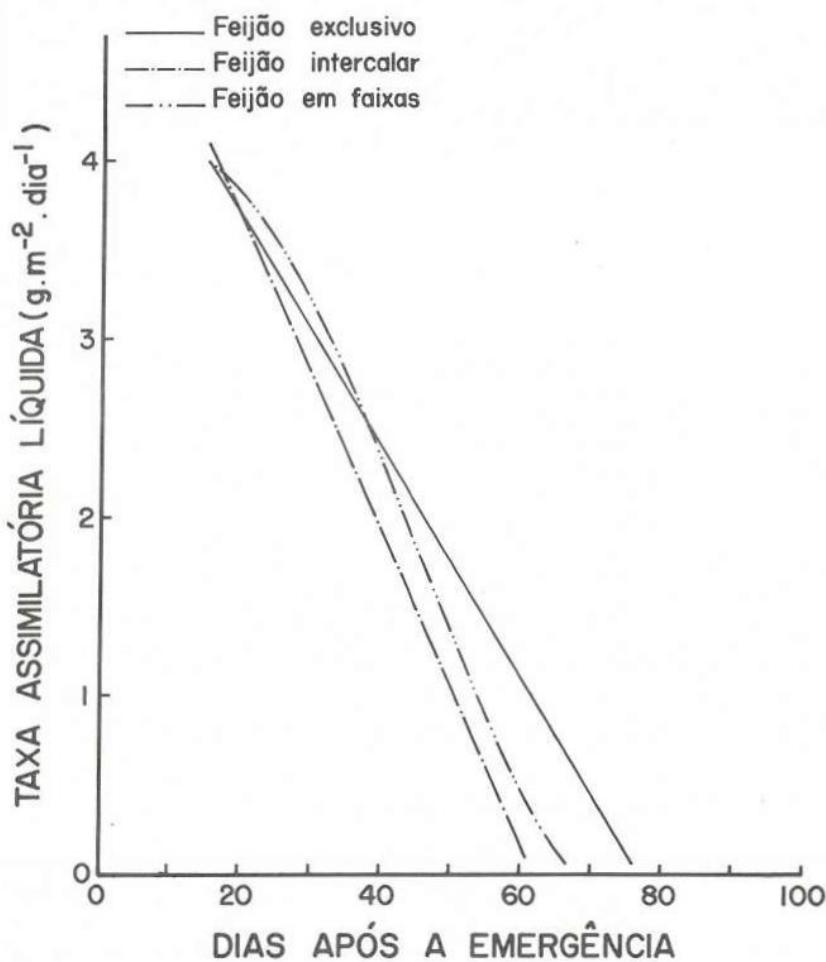


FIGURA 10 - Taxa assimilatória líquida do feijão das "água", nos sistemas de plantio exclusivo (FE), intercalar (FI) e em feijão alternadas (FF) ao milho.

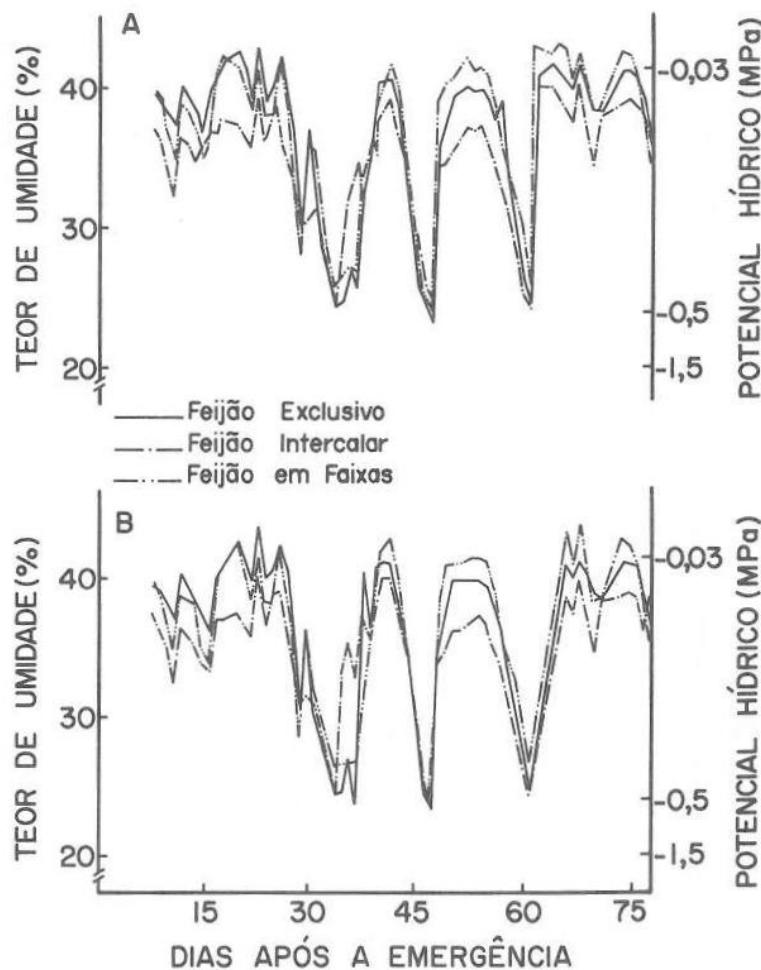


FIGURA 11 - Teor de umidade e potencial hídrico do solo, à profundidade de 5 cm, às 8 e 13 horas, para o feijão das "água", nos sistemas de plantio exclusivo (FE), intercalar (FI) e em faixas alternadas (FF) ao milho.

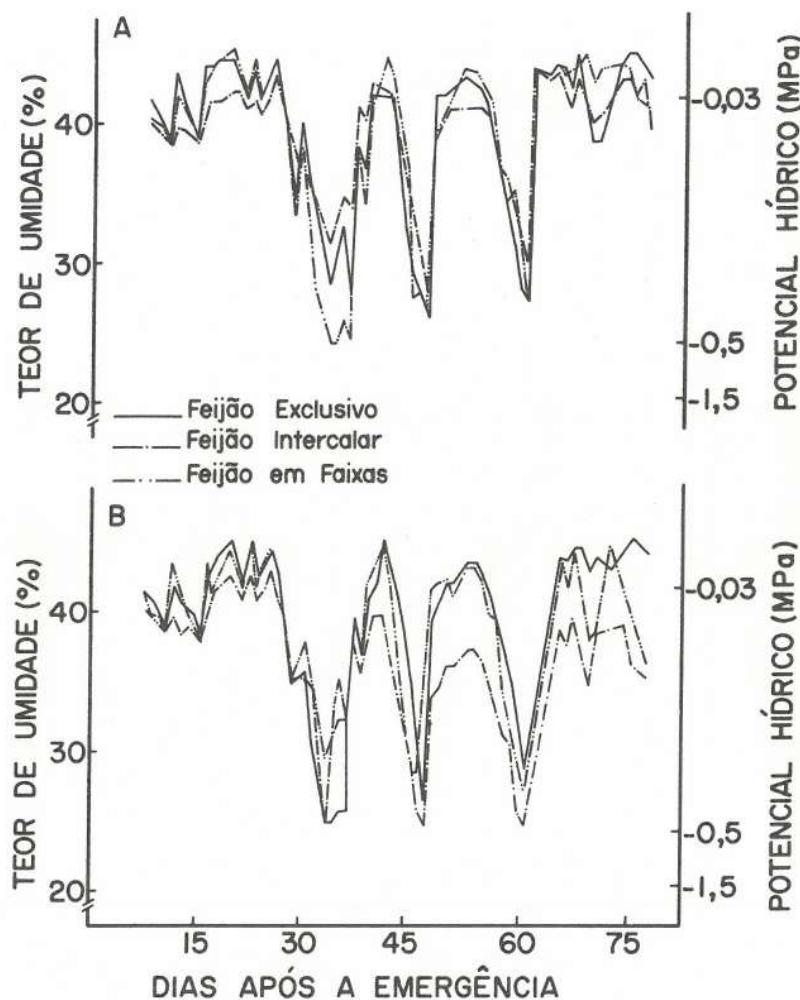


FIGURA 12 - Teor de umidade e potencial hídrico do solo, à profundidade de 10 cm, às 8 e 13 horas, para o feijão das "água", nos sistemas de plantio exclusivo (FE), intercalar (FI) e em faixas alternadas (FF) ao milho.

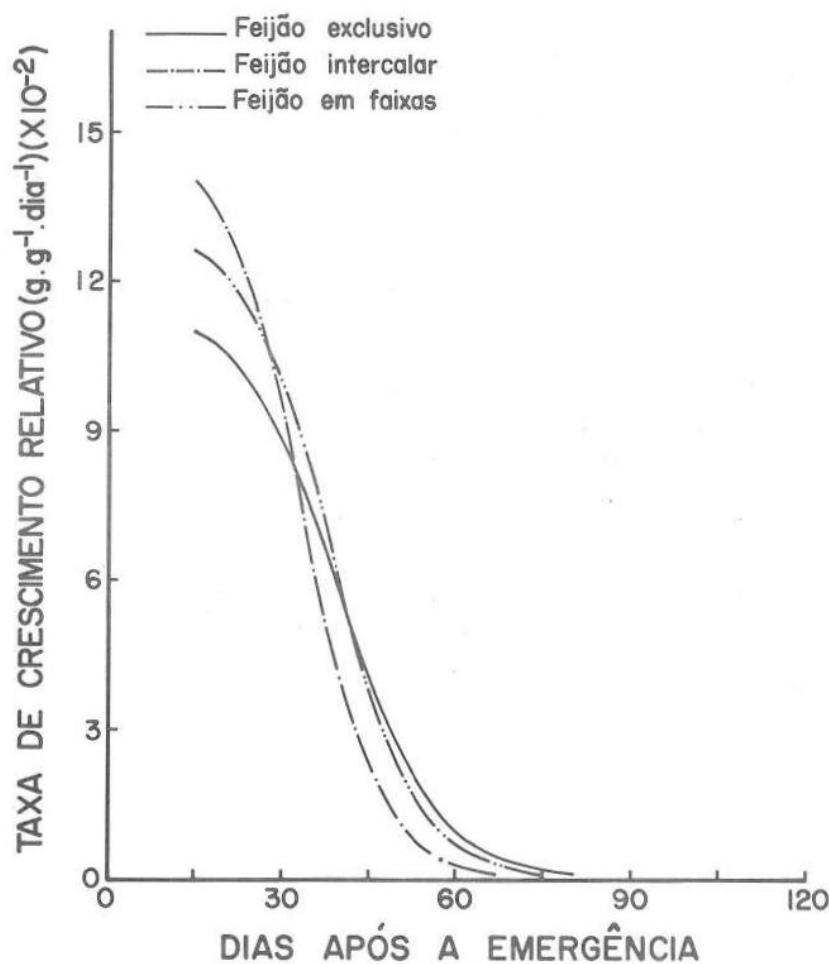


FIGURA 13 - Taxa de crescimento relativo do feijão das "águas", nos sistemas de plantio exclusivo (FE), intercalar (FI) e em faixas alternadas (FF) ao milho.

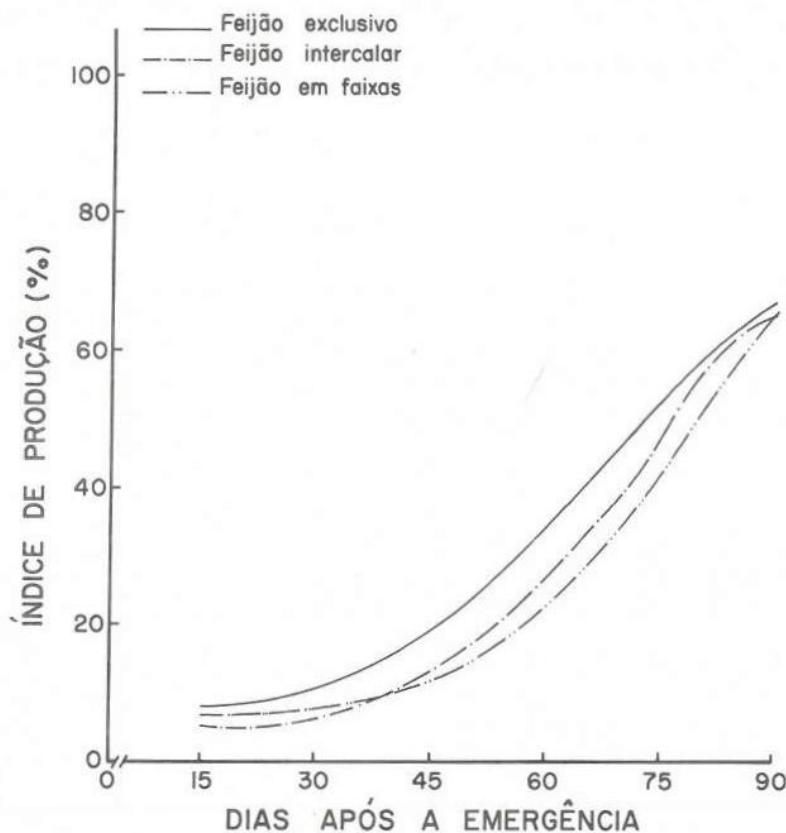


FIGURA 14 - Índice de produção do feijão das "água", nos sistemas de plantio exclusivo (FE), intercalar (FI) e em faixas alternadas (FF) ao milho.

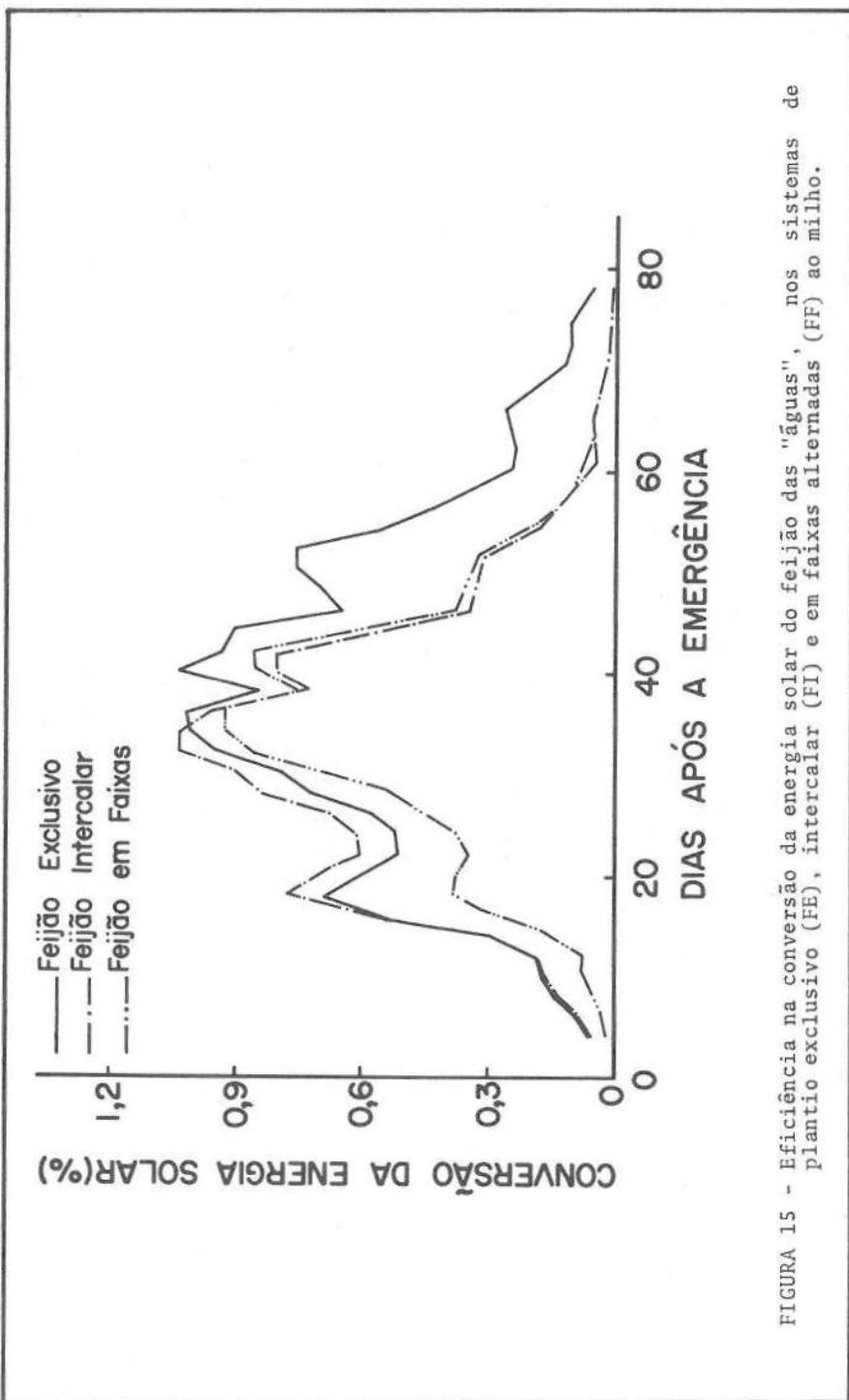


FIGURA 15 - Eficiência na conversão da energia solar do feijão das "águas", nos sistemas de plantio exclusivo (FE), intercalar (FI) e em faixas alternadas (FF) ao milho.

curto, com densidade de 6,25 a 100 plantas/m<sup>2</sup>. Por outro lado, MAGALHAES e MONTOJOS (9) obtiveram valores diferentes de  $\xi$  com vários cultivares de feijão. Verifica-se que, a partir do 34.<sup>º</sup> dia após a emergência do feijoeiro, o valor de  $\xi$  do sistema FI torna-se menor que o do sistema exclusivo. A razão dessa queda está na maior taxa de acúmulo de matéria seca do sistema FI, bem como no modo com que foi determinada a radiação solar, no topo da cultura do milho, e não na do feijão. A competição por fatores do ambiente, principalmente luz, fez com que a planta desenvolvesse mais órgãos vegetativos, mas não conseguisse, paralelamente, suprir, através de fotoassimilados, os órgãos reprodutivos. Observa-se que, na fase descendente das curvas de eficiência (Figura 15), a partir de seus máximos, houve interrupção desse decréscimo acentuado de  $\xi$  apenas no sistema exclusivo, em razão da ausência de sombreamento do milho. Nos sistemas associados, o sombreamento foi-se tornando cada vez mais intenso, até o final do ciclo da cultura do feijoeiro, reduzindo ainda mais os valores de  $\xi$ , em razão da queda de C<sub>t</sub>.

#### 4. RESUMO

O crescimento e a conversão de energia solar, em três sistemas de cultivo do feijão das «águas» (exclusivo, intercalar e em faixas alternadas ao milho), foram estudados, em Viçosa, MG, em condições de campo, no ano agrícola 1977/78. As colheitas de material foram realizadas com intervalos regulares de 7 dias, a partir da emergência do feijoeiro. O maior rendimento biológico foi obtido no sistema exclusivo. No sistema intercalar, ocorreu maior desenvolvimento da parte vegetativa, em detrimento da parte reprodutiva. Os valores do índice de área foliar variaram entre os sistemas, verificando-se valor mais alto no sistema intercalar, o que indica adaptabilidade da leguminosa às condições de sombreamento. As taxas máximas de produção de matéria seca total foram de 9,2, 8,6 e 7,1 gm<sup>-2</sup>·dia<sup>-1</sup>, alcançadas aos 40, 33 e 38 dias após a emergência do feijoeiro, nos sistemas de plantio exclusivo, intercalar e em faixas alternadas ao milho, respectivamente. A taxa assimilatória líquida apresentou valores altos no início e forte tendência decrescente com o avanço em idade das plantas. Essa tendência decrescente foi ainda maior nos sistemas em que o feijão se encontrava associado ao milho. Os valores médios da taxa de crescimento relativo apresentaram comportamento muito semelhante aos da taxa assimilatória líquida. Os valores máximos da eficiência na conversão de energia solar foram de 1,17, 1,04 e 0,93%, alcançados aos 42, 32 e 34 dias após a emergência do feijoeiro. A eficiência média na conversão de energia solar durante o ciclo da cultura de feijão foi de 0,48, 0,36 e 0,31%, nos sistemas exclusivo, intercalar e em faixas alternadas ao milho, respectivamente.

#### 5. SUMMARY

(GROWTH AND CONVERSION OF SOLAR ENERGY IN ASSOCIATED AND MONOCULTURE SYSTEMS OF CORN AND BEANS.  
II. «RAINY» SEASON BEANS)

Growth and efficiency of solar energy conversion of common bean were determined in monoculture and in association with corn.

Maximum bean biomass was obtained in monoculture. In the row-intercropping system, there was a normal vegetative development but the reproductive phase was reduced. Leaf area index reached high values in the row-intercropping system, showing an adaptability of the species to shade conditions. Maximum

crop growth rates were 9.2; 8.6 and 7.1 g.m<sup>-2</sup>.day<sup>-1</sup> obtained 40, 33 and 38 days after emergence, in monoculture, strip-intercropping and row-intercropping with corn, respectively. Net assimilation rate and relative crop growth rate decreased as a curvilinear function of plant age, and this trend was markedly greater in associated systems. Maximum efficiency rates of solar energy conversions were 1.17, 1.04 and 0.93% obtained at 42, 32 and 34 days after emergence, while the efficiency rates for the entire cycle were 0.48; 0.36 and 0.31% in monoculture, row-intercropping and strip-intercropping with corn, respectively.

## 6. LITERATURA CITADA

1. ALVIM, R. & ALVIM, P. de T. Efeito da densidade de plantio no aproveitamento da energia luminosa pelo milho (*Zea mays* L.) e pelo feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em culturas exclusivas e consorciadas. *Turrialba*, 19:339-393, 1966.
2. ARAÚJO, G.A. de A.; FONTES, L.A.N.; LOPES, N.F.; GALVÃO, J.D. & SEDIYAMA, G.C. Crescimento de plantas e conversão da energia solar em sistemas de cultivos associados e exclusivos de milho e feijão. I. Análise do milho. *Rev. Ceres*, 32: 412-434. 1985.
3. ASCENCIO, Y. & SGAMBATTI, A.L. Analisis del crecimiento en tres cultivares de caroatas venezolanas (*Phaseolus vulgaris* L.) (cv. *Coché*, cv. *Cubagua*, cv. *Taguarigua*) en condiciones de campo. *Agron. Tropical*, 25: 125-147. 1975.
4. BRANDES, D.; MAESTRI, M.; VIEIRA, C. & GOMES, F.R. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Análise de crescimento. *Experientiae*, 15: 29-49. 1973.
5. CHANG, JEN-HU. *Climate and agriculture. An ecological survey*. Chicago, Aldine Publishing, 1968. 304 p.
6. EARLY, E.B.; MILLER, R.J.; REICHERT, G.L.; HASGEMAN, R.H. & SEIF, R.D. Effects of shade on maize production under field conditions. *Crop Sci.* 6: 1-7. 1966.
7. KVET, J.; ONDOCK, J.P.; NEGAS, J.P. & JARVIS, P.G. Methods of growth analysis. In SESTAK, Z.; CATSKY, J. & JARVIS, P.G. (eds.). *Plant photosynthetic production. Manual of methods*. The Hague, Dr. W. Junk, N.V. Publishers, 1971. p. 343-391.
8. LOPES, N.F.; OLIVA, M.O.; FREITAS, J.G. de; MELGES, H. & MACEDO BELTRÃO, N.E. de. 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: 586-606. 1982.
9. MAGALHÃES, A.C. & MONTOJOS, J.C. Effect of solar radiation on the growth parameters and Yield of two varieties of common beans. *Turrialba* 21: 165-168. 1972.
10. RADFORD, P.J. Growth analysis formulae. Their use and abuse. *Crop Sci.* 7: 171-175. 1967.

11. SCHMIDT, W.H. & COLVILLE, W.L. Yield and Yield components of *Zea mays* L. as influenced by artificially induced shade. *Crop. Sci.* 7:137-140. 1967.
12. XAVIER, F.E. *Análise de crescimento de quatro cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) em duas épocas de plantio*. Viçosa, UFV, 1976. 24 p. (Tese M.S.).
13. WALLACE, D.H. The relationships of yield ability to dry matter accumulation its distribution for several varieties of dry bean, *Phaseolus vulgaris* L. *Diss. Abst.* 19:24-37. 1959.
14. WALLACE, D.H. & MUNGER, H.M. Studies of the phisiological basis for yield differences. II. Variations in dry matter distribution among aerial organs for several dry bean varieties. *Crop Sci.* 6: 503-507. 1966.
15. WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield *Adv. Agron.* 4: 101-145. 1952.
16. WATSON, D.J. Leaf growth in relation to crop yield. In: Milthorpe, F.L. (ed.) *The growth of leaves*. London, Butterworths Scientific Publication, 1956. p. 140-150.