

Aspectos ecofisiológicos do consórcio milho x feijão

Tomás de Aquino Portes ^{1/}

Consórcio é o sistema de cultivo que envolve o plantio de duas ou mais espécies numa mesma área, de modo que uma das culturas conviva com a outra (ou outras), durante todo o seu ciclo ou, pelo menos, parte dele.

Para o caso específico do milho e do feijão, há dois tipos básicos: consórcio simultâneo e consórcio de substituição.

CONSÓRCIO SIMULTÂNEO

É aquele em que as duas espécies são plantadas simultaneamente e crescem juntas, até completarem o seu ciclo (Fig. 1). Neste tipo de consórcio, as plantas competem mais intensamente pelos fatores do meio, como radiação solar, CO₂, água e nutrientes, os quais serão detalhados a seguir.

RADIAÇÃO SOLAR

Do ponto de vista de exigência lumi-

nosa, a Figura 2 mostra a resposta das plantas de milho e de feijão à luz. A curva de resposta para o milho continua crescendo indefinidamente, mesmo em alta intensidade de luz, indicando que, no presente caso, não houve saturação fotossintética. A do feijão, por sua vez, saturou-se em torno de um terço da mais alta luminosidade aplicada ao milho, fato que explica a tolerância dos feijoeiros a um certo sombreamento. Isto é, mesmo sombreados pelas plantas de milho, é possível obter uma produtividade razoável de feijão. O milho, por sua vez, não tolera sombreamento.

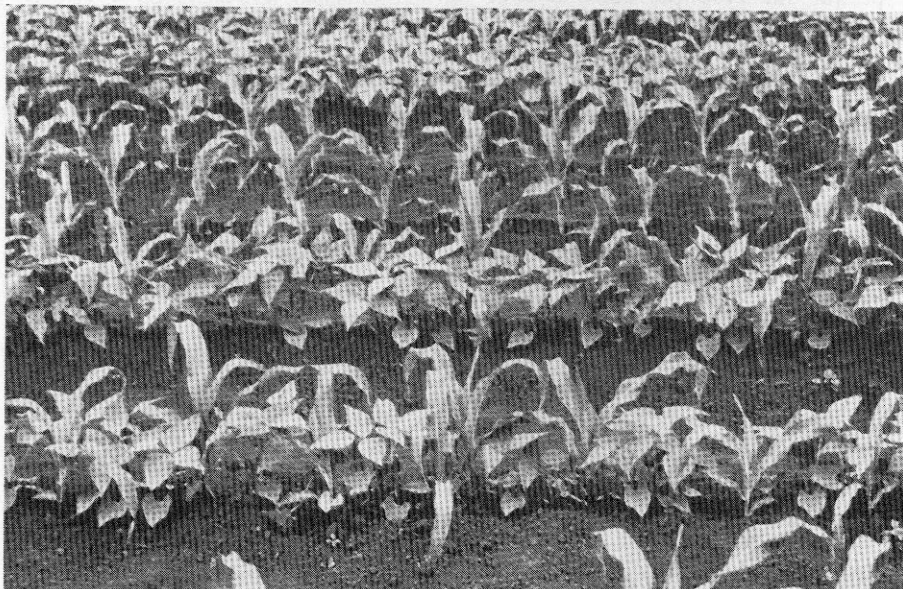


Fig. 1 – Consórcio simultâneo de milho e feijão na mesma linha

Estas duas espécies respondem diferentemente à luz, porque elas diferem entre si, tanto fisiológica como anatomicamente. São estas diferenças que facultam ao milho maior eficiência na absorção de CO₂, em alta intensidade luminosa.

Espécies vegetais, com características fisiológicas e anatômicas semelhantes à do milho, são denominadas C₄, enquanto as que se assemelham à do feijão são denominadas C₃. C₄, porque o primeiro composto estável, formado após a fixação do CO₂, possui quatro átomos de carbono e, C₃, porque o referido composto possui três átomos do elemento.

O fato de o milho ser mais exigente em luz do que o feijão, para alcançar a produtividade máxima, faz da radiação solar provavelmente o fator mais importante para o equilíbrio produtivo do sistema. Este depende, basicamente, da época de plantio de uma cultura em relação à outra e das densidades de semente, as quais estão estreitamente relacionadas à interceptação da luz pela copa do milho ou, mais precisamente, à quantidade de luz que chega ao nível da copa dos feijoeiros (Kranz et al 1982; Chagas et al 1983 e Portes & Castro 1983).

A interceptação da radiação solar depende da área foliar produzida pelas plantas. Isto é, maior área foliar significa maior interceptação da luz e, conseqüentemente, maior produtividade primária. A figura 3 mostra os índices de área foliar (IAF) de milho e de feijão, durante os seus ciclos, nos sistemas de monocultivo e de consórcio. Os feijoeiros são de portes arbustivo (tipo II) e trepador (tipo IV).

A Figura 3 mostra que, em consórcio, os IAF dos feijoeiros, a partir da sua floração, são ultrapassados pelos do milho, numa evidente mostra de

^{1/} Eng^o Agr^o, M.S. — Pesquisador CNPAF/EMBRAPA — BR-153, km - 04 — 74.000 — Goiânia-GO

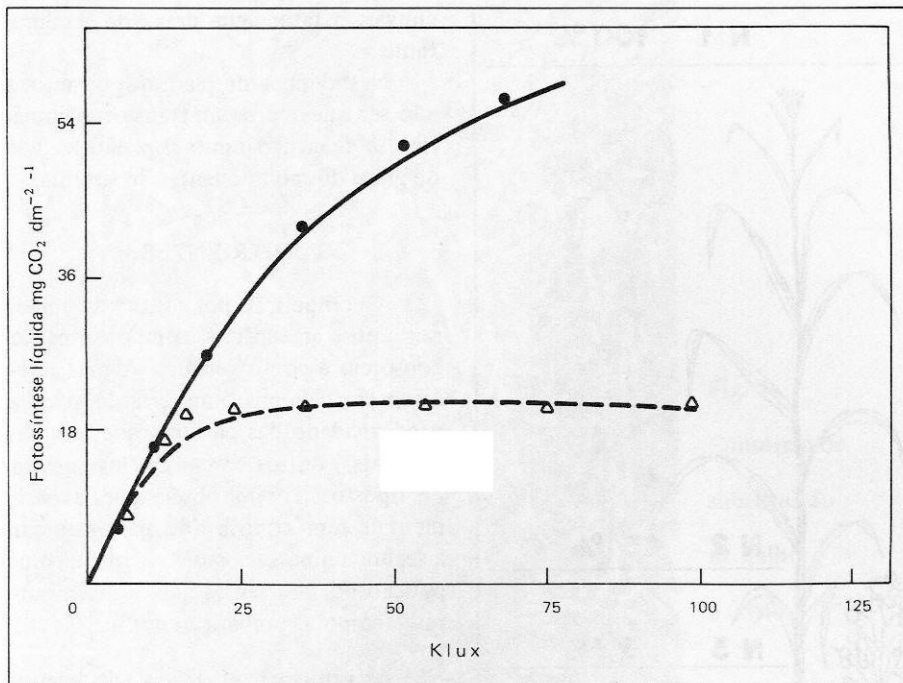


Fig. 2 - Fotossíntese líquida do milho (*Zea mays*) (●●●) e feijão (*Phaseolus vulgaris*) (△△△) em intensidades crescentes e radiação fotossinteticamente ativa.

Fonte: Chartier et al (1977) e Burnside & Bohning (1957) - Adaptado

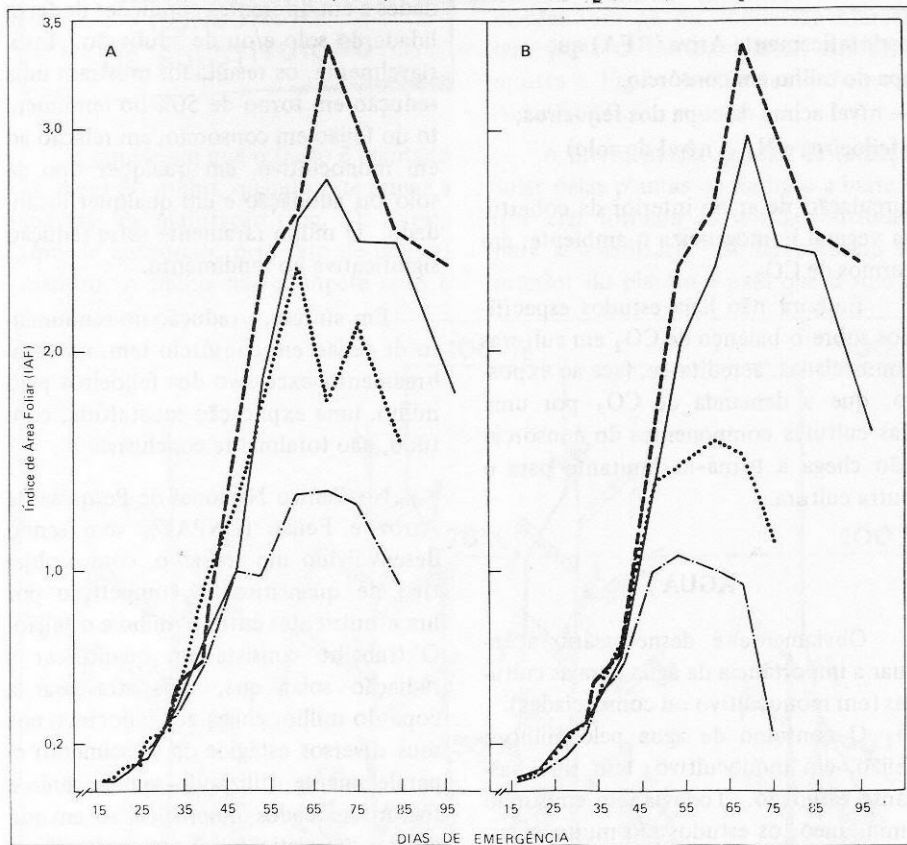


Fig. 3 - A. Índices de área foliar de milho em monocultivo (---); milho x feijão trepador (—); feijão trepador em monocultivo (.....) e feijão trepador x milho (—·—).
B. Milho em monocultivo (---); milho x feijão arbustivo (—); feijão arbustivo em monocultivo (.....) e feijão arbustivo x milho (—·—).

que a gramínea passa a competir fortemente por luz. Esta evidência é confirmada pela Figura 4. Esta mostra que, na fase da floração e início de enchimento das vagens, apenas em torno de 45% da radiação fotossinteticamente ativa chega à copa dos feijoeiros, e 1%, ao nível do solo. A causa desta redução (55% interceptados pelo milho) é, além do alto IAF do milho, a sua maior altura em relação aos feijoeiros. Outro detalhe é que, ao atravessar a copa do milho, a maior parte da radiação eficiente para a fotossíntese (espectro vermelho e azul) é absorvida pela suas folhas, chegando aos feijoeiros apenas uma quantidade reduzida da radiação e de qualidade pouco eficiente, concentrada na faixa do verde.

Araújo (1983) encontrou resultados de IAF diferentes dos mostrados na Figura 3, para feijão em monocultivo e consorciado. A explicação possível pode ser o uso de populações diferentes de plantas nos experimentos. Entretanto, ele concorda que a competição por luz e nutrientes é o fator mais limitante ao desenvolvimento do feijoeiro em consórcio.

Portes & Carvalho (1983), trabalhando com duas variedades arbustivas de feijão e duas trepadoras, encontraram que, embora estas últimas produzissem mais folhas por unidade de terreno, relativamente às primeiras, não produziam quantidades de grãos correspondentes. Concluíram que as arbustivas, pelo menos nas condições em que foi conduzido o experimento, eram mais eficientes. Isto é, a relação entre a produtividade de grãos e a produção de folhas era maior do que para as variedades trepadoras. No mesmo experimento não encontraram diferenças nas temperaturas médias, máximas e mínimas do ar e extremas máximas e mínimas absolutas, alcançadas no interior das parcelas com feijão em monocultivo e consorciado.

Alguns autores (Andrade et al 1974 e Portes & Carvalho 1983) testaram variedades de milho de portes diferentes, com o objetivo de observar se as de porte pequeno favoreceriam os feijoeiros por permitirem maior passagem de luz. Concluíram que nenhum benefício resultava desta prática, visto que as plantas de menor porte possuem as folhas

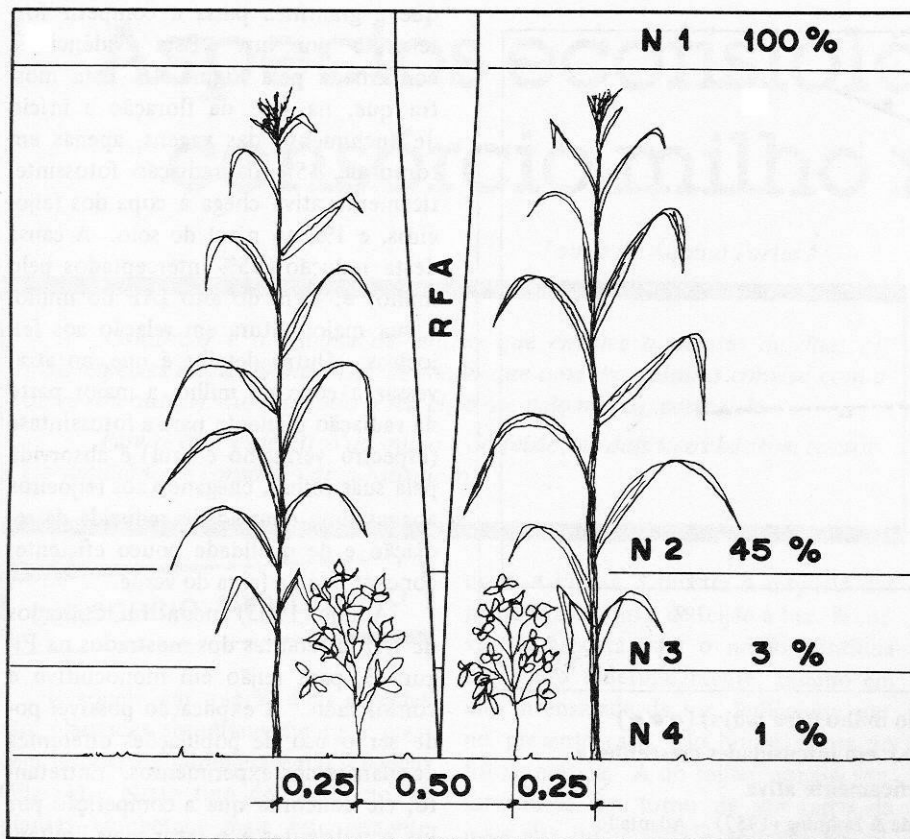


Fig. 4 – Percentagens de Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) que chegam a diversos extratos da copa do milho em consórcio.

(N₁ – nível acima da copa do milho; N₂ – nível acima da copa dos feijoeiros; N₃ – nível intermediário da copa dos feijoeiros e N₄ – nível do solo)

mais largas, resultando num índice de área foliar semelhante àquelas de porte alto.

CO₂ (DIÓXIDO DE CARBONO)

O CO₂ é a matéria-prima utilizada para o crescimento das plantas. Mais de 90% da matéria seca dos vegetais é constituída de compostos do carbono, formados a partir do CO₂ atmosférico, fixado mediante o processo fotossintético (Loomis & Williams 1963). Portanto, menos de 10% da matéria seca é constituída dos minerais do solo, absorvidos pelas raízes.

Numa cultura de milho é observada uma intensa atividade fotossintética na parte superior da cobertura vegetal que está exposta diretamente aos raios solares, enquanto que, na parte inferior, na base da cobertura vegetal, onde a radiação solar é reduzida; a respiração excede à fotossíntese, enriquecendo o ambiente com CO₂ (Lemon & Wright 1969).

Há evidências, também, de que a

circulação de ar no interior da cobertura vegetal homogênea o ambiente, em termos de CO₂.

Embora não haja estudos específicos sobre o balanço de CO₂ em culturas consorciadas, acredita-se, face ao exposto, que a demanda de CO₂ por uma das culturas componentes do consórcio não chega a torná-lo limitante para o outra cultura.

ÁGUA

Obviamente é desnecessário acentuar a importância da água para as culturas (em monocultivo ou consorciadas).

O consumo de água pelo milho e feijão, em monocultivo, tem sido bastante estudado. Todavia, em consórcio simultâneo, os estudos são muito escassos. No Brasil, provavelmente o primeiro trabalho seja o de Araújo (1983). Com este trabalho, constatou-se que, como o plantio consorciado simultaneamente tem sido executado apenas na época das

chuvas, o fator água deixa de ser limitante.

Nesta época de plantio, portanto, a não ser que ocorra um transtorno climático, a água não limita a produtividade de grãos dos componentes do sistema.

NUTRIENTES

A competição por nutrientes minerais entre as espécies componentes do consórcio é controversa. Alguns acreditam ser ela mais importante para a produtividade das culturas que a radiação solar; outros acreditam justamente no oposto. Porém, observações experimentais têm contribuído para reforçar a segunda hipótese, isto é, de que a competição por nutrientes não é tão importante como a competição por luz.

A principal evidência da menor competição por nutrientes em relação à luz é tirada de resultados de uma série de trabalhos sobre o consórcio de milho e feijão, realizada em diferentes localidades e em diferentes condições de fertilidade do solo e/ou de adubação. Invariavelmente, os resultados mostram uma redução em torno de 50% no rendimento do feijão em consórcio, em relação ao em monocultivo, em qualquer tipo de solo ou adubação e em qualquer localidade. O milho raramente sofre redução significativa no rendimento.

Em síntese, a redução no rendimento de feijão em consórcio tem, no sombreamento excessivo dos feijoeiros pelo milho, uma explicação satisfatória, contudo, não totalmente conclusiva.

No Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), vem sendo desenvolvido um trabalho, com o objetivo de quantificar a competição por luz e nutrientes entre o milho e o feijão. O trabalho consiste em quantificar a radiação solar que, após atravessar a copa do milho, chega aos feijoeiros, nos seus diversos estágios de crescimento e, paralelamente utilizando-se nitrogênio e fósforo marcados, quantificar até em que nível a competição por nutrientes chega a ser prejudicial a uma ou outra cultura.

O trabalho, embora bastante adiantado, não tem ainda resultados conclusivos.



Fig. 5
Consórcio de
substituição
de milho
e feijão

CONSÓRCIO DE SUBSTITUIÇÃO

É aquele em que o feijão é plantado no meio do milho, quando este atinge a sua fase de maturação (Fig. 5). Neste tipo de consórcio, pelo fato de já estar maduro, o milho não compete com o

feijão pelos fatores do meio, porém, as plantas (em pé ou dobradas) interceptam parte da radiação solar, conforme mostra a Figura 6 (Portes e Castro & Aidar 1983).

A interceptação parcial da radiação solar pelas plantas de milho e a barreira que elas formam ao vento contribuem para a amenização da temperatura no interior do plantio e para que o solo se

mantenha úmido por maior tempo do que onde não há plantas de milho (Aidar et al 1983; Araújo 1983 e Portes e Castro & Aidar 1983).

É justamente esta manutenção da umidade do solo o fato benéfico ao produtor. Como o plantio de substituição é feito na época "seca", é comum a ocorrência de estiagens prolongadas, e o feijão beneficia-se das plantas de milho, que ajudam na manutenção da umidade no solo e, conseqüentemente, contribuem para maiores rendimentos de feijão, em relação ao plantio em monocultivo.

Caso não ocorram estiagens, o fator água deixa de ser importante, enquanto o fator luz passa a limitar os rendimentos. A ocorrência normal de chuvas, ou o suprimento de água mediante irrigação, proporciona ao feijão em monocultivo produtividade maior que no consórcio.

CONCLUSÕES

O consórcio é uma prática muito utilizada pelos agricultores e é considerada viável sob todos os aspectos: agrônomo, econômico e social. Resta melhorar o sistema, buscando plantas mais bem adaptadas, de modo a aumentar a produção global.

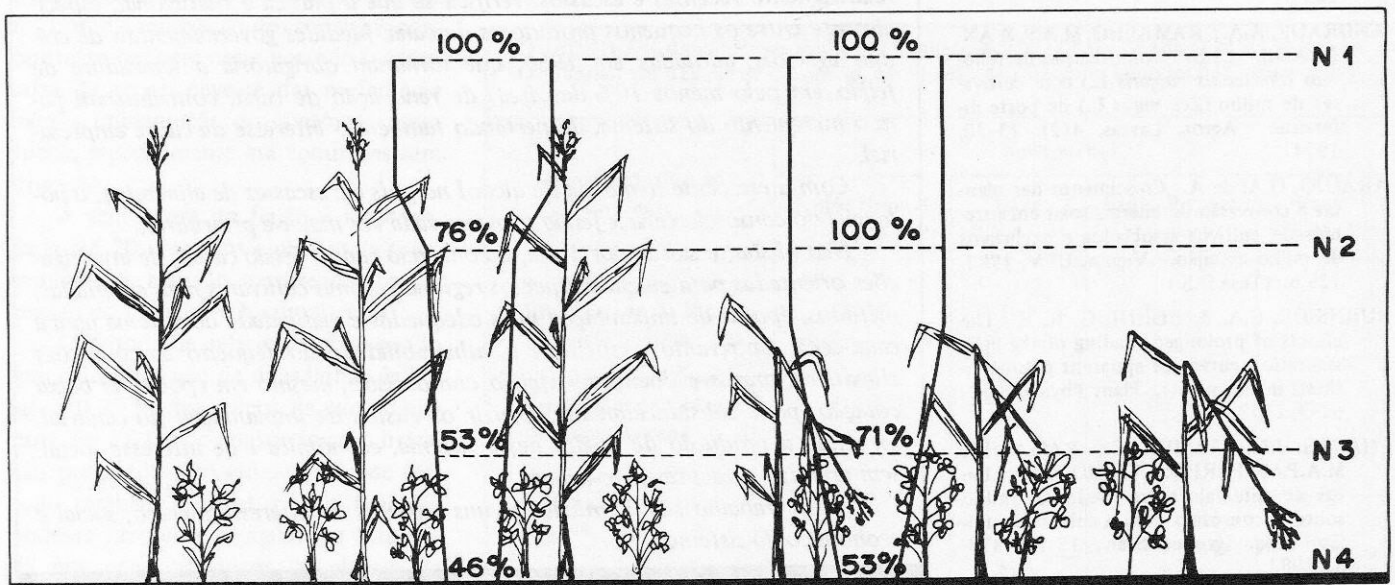


Fig. 6 – Percentagens de radiação fotossinteticamente ativa que chegam em diferentes extratos da copa do milho maduro (em pé e dobrado), num consórcio de substituição. (N₁ – nível acima da copa do milho; N₂ – nível das espigas; N₃ – nível acima da copa dos feijoeiros e N₄ – nível do solo).

Já existem trabalhos conclusivos, especialmente sobre espaçamento, arranjo de plantas e adubação; todavia são escassos trabalhos básicos sobre como interagem as plantas no sistema.

Antes que estes estudos sejam completados, os melhoristas continuarão tendo muita dificuldade na seleção de materiais para consórcio.

Até aqui, os trabalhos de seleção de plantas não têm praticamente qualquer embasamento científico. São realizados de maneira muito empírica.

Em síntese, pode-se adiantar que as evidências indicam a luz para o consórcio simultâneo como o fator mais limitante no rendimento do feijão, seguido dos demais, como nutrientes, CO₂, água etc.

No consórcio de substituição, caso ocorram estiagens prolongadas, o feijão beneficia-se da presença das plantas de milho, pois estas amenizam a temperatura e mantêm a umidade do solo por período maior, do que no monocultivo.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, H.; PORTES E CASTRO, T. de A.; YOKOYAMA, M. & SILVEIRA, P.M. da. Temperatura e umidade do solo e população de *Empoasca* no cultivo de feijão após a maturação fisiológica do milho. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., Goiânia, 1982. Anais. Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1982. p. 265-7.
- ANDRADE, A.A.; RAMALHO, M.A.P. & ANDRADE, M.J.B. Consorciação de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) com cultivares de milho (*Zea mays* L.) de porte diferente. *Agros*, Lavras, 4(2): 23-30, 1974.
- ARAÚJO, G.A. de A. Crescimento das plantas e conversão da energia solar em sistemas de cultivos associados e exclusivos de milho e feijão. Viçosa, UFV, 1983. 129 p. (Tese D.S.)
- BURNSIDE, C.A. & BÖHNING, R. H. The effects of prolonged shading of the light saturation curves of apparent photosynthesis in sun plants. *Plant Physiol.*, 32: 61-3, 1957.
- CHAGAS, J.M.; VIEIRA, C.; RAMALHO, M.A.P. & PEREIRA FILHO, I.A. Efeitos do intervalo entre fileiras de milho sobre o consórcio com a cultura do feijão. *Pesq. Agropec. Bras.*, 18 (8): 879-5, 1983.
- CHARTIER, Ph.; MOROT-GAUDRY, J.F.; BETHENOD, O. & THOMAZ, D.A. The net assimilation of C₃ and C₄ plants as influenced by light and carbon dioxide,

and an analysis of the role of the gene *opaque* in young maize. In: LANDSBERG, J.J. & CUTTING, C.V. eds. *Environmental effects on crop Physiology*. London, Academic Press, 1977. p. 125-36.

KRANZ, W.M.; GERADE, A.C. & GOMES, J. Época de semeadura do milho em relação aos estádios de desenvolvimento do feijão das águas em sistema de consórcio. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., Goiânia, 1982. Anais. Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1982. p. 116-8.

LEMON, E.R. & WRIGHT, J.L. Photosynthesis under field conditions, XA. Assessing sources and sinks of carbon dioxide in a corn crop using a momentum balance approach. *Agron. J.*, 61: 405-11, 1969.

LOOMIS, R.S. & WILLIAMS, W.A. Maximum crop productivity: an estimate. *Crop Sci.*, 3: 67-72, 1963.

PORTES E CASTRO, T. de A. Interpretação de luz, coeficientes de extinção e rendimentos para milho e feijão consorciados. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE LATINO-AMERICANA DE FISILOGIA VEGETAL, 9., Viçosa, 1983. Resumos. Viçosa, UFV. 1983. p. 51.

PORTES E CASTRO, T. de A. & AIDAR, H. Temperaturas, potenciais hídricos do solo e perfis de luz nos sistemas solteiro e de substituição de feijão-milho. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1983. 5 p. (EMBRAPA/CNPAF. Pesquisa em andamento, 43).

PORTES, T.A. & CARVALHO, J.R.P. de. Área foliar, radiação solar, temperatura do ar e rendimentos em consorciação e em monocultivo de diferentes cultivares de milho e feijão. *Pesq. Agropec. Bras.*, 18 (7): 755-62, 1983.

Consórcio feijão x cana-de-açúcar

Benedito Fernandes de Souza Filho ^{1/}

O consórcio cana x feijão tem sido objeto de pesquisa desde a década de sessenta, em várias regiões canavieiras do Brasil. A viabilidade técnica deste sistema foi demonstrada em São Paulo (Menegário 1964), em Pernambuco (Krutman 1968) e no Rio de Janeiro (IPEACS 1971). No exterior, as informações existentes na literatura disponível indicam que também na Colômbia este sistema é viável (CIAT 1979).

Apesar de os resultados de pesquisa sobre o consórcio cana x feijão serem relativamente recentes e escassos, verifica-se que a prática é tradicional, especialmente entre os pequenos produtores de cana. Medidas governamentais de crédito agrícola, adotadas em 1980, que tornaram obrigatória a semeadura de feijão em pelo menos 10% das áreas de renovação de cana, contribuíram para o incremento do sistema, despertando também o interesse da classe empresarial.

Com a crescente demanda de álcool no país e a escassez de alimentos, o potencial do consórcio cana x feijão torna-se cada vez maior e prioritário.

Não obstante sua importância, o consórcio cana x feijão carece de investigações orientadas para elucidar aspectos regionais, como cultivares mais adaptadas, métodos, épocas de implantação mais adequadas e viabilidade do sistema para a cana-seca. Entretanto, respeitada a vulnerabilidade do feijoeiro às condições climáticas, pragas e doenças, o feijão consorciado, mesmo em épocas de baixa cotação, pode substancialmente reduzir os custos de implantação do canavial, tornando a produção de feijão, nesse sistema, econômica e de interesse social, sem prejuízo para a cana-de-açúcar.

Nesse trabalho são abordados alguns aspectos de interesse técnico, social e econômico do sistema.

^{1/} Engº Agrº, M.S. — Pesquisador PESAGRO-RIO — Caixa Postal 23124 — 24.000 Niterói-RJ